

**INMÓTICA APLICADA A CONJUNTOS RESIDENCIALES UTILIZANDO REDES
DE SENSORES CON TECNOLOGÍA ZIGBEE: COMMUNITHINK**

**ESTEVEN ANDRES GUAYARA MURILLO
PEDRO ALEXANDER OCHOA BOLIVAR**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C
2018**

**INMÓTICA APLICADA A CONJUNTOS RESIDENCIALES UTILIZANDO REDES
DE SENSORES CON TECNOLOGÍA ZIGBEE: COMMUNITHINK**

**ESTEVEN ANDRES GUAYARA MURILLO
PEDRO ALEXANDER OCHOA BOLIVAR**

SEMILLERO FOTÓN – PROYECTO DE GRADO

TUTORA: ING. DIANA CAROLINA CONTRERAS JAUREGUI

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C**

2018

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PROBLEMA	8
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. ALCANCE	10
5. OBJETIVOS	11
5.1. OBJETIVO GENERAL	11
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
7. MARCO HISTÓRICO	13
8. MARCO CONCEPTUAL	18
9. MARCO TEÓRICO	22
10. ANÁLISIS DE EMPRESAS RELACIONADAS	27
11. FACTORES DE DISEÑO	29
11.1. DATOS TOMADOS DEL SITIO REFERENCIA	29
11.2. IMAGEN DEL ÁREA A CUBRIR	30
11.3. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDADES	31
11.4. TOPOLOGÍA	32
12. DISEÑO DE ESQUEMAS Y DISPOSITIVOS POR USAR EN LA RED POR FUNCIONES	34
12.1. ESQUEMA GENERAL DE LA RED	34
12.2. ESQUEMA PARA CONTROL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR E INTERIOR	38
12.3. ESQUEMA DE GESTIÓN DE ACCESOS	41
12.4. ESQUEMA PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA	42
12.5. ESQUEMA PARA GENERACIÓN DE ALERTAS O NOTIFICACIONES	44
12.6. ESQUEMA PARA MONITORIZACIÓN CENTRAL	45
13. PRUEBAS A ESCALA POR FUNCIONES	50
13.1. ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR	52
13.2. CONTROL DE ACCESO	53

13.3.	MEDICIÓN DE TEMPERATURA	56
13.4.	ENVÍO DE DATOS Y MONITOREO CENTRAL	58
14.	COSTOS ESTIMADOS	60
15.	METODOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN	61
15.1.	BUENAS PRÁCTICAS DE INSTALACIÓN	61
16.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE MEJORAMIENTO DEL PROYECTO	63
17.	ANEXOS	64
17.1.	ENTREVISTA A EMPRESA ESPECIALIZADA	64
17.2.	DATOS DE ENCUESTAS Y SUGERENCIAS DE LA GENTE	68
17.3.	LOGOTIPO	70
17.4.	VIDEO DE PRUEBAS	70
18.	BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proyección de cantidad de dispositivos conectados IoT	14
Figura 2: Porcentaje de predios propiedad horizontal.	15
Figura 3: Cantidad de viviendas con domótica.	15
Figura 4: Línea de tiempo de los conceptos tratados.	16
Figura 6: Capas de Zigbee.	23
Figura 7: Fotografía del conjunto objeto de estudio	28
Figura 8: Plano del área a cubrir.	28
Figura 9: Topología en estrella.	31
Figura 10: Previsualización de la red en el área a cubrir.	32
Figura 11: Diagrama de pines del módulo XBee.	34
Figura 12: Nombres de los pines de la raspberry PI3.	35
Figura 13: Esquema de control de iluminación por torre.	37
Figura 14: Sensor HC-SR501.	38
Figura 15: Fotorresistencia GL5516.	38
Figura 16: Esquema de gestión de accesos por torre.	39
Figura 17: MFRC-522 pines y conexiones.	40
Figura 18: Esquema de detección de temperatura por torre.	41
Figura 19: Pines del LM35DZ.	42
Figura 20: Conectar los nodos Xbee a la PC para configurarlos.	44
Figura 21: Diferencia entre nodo coordinador y nodo final.	44

Figura 22: Escribir configuración en los módulos.	45
Figura 23: Vista de la configuración final con 2 nodos finales y uno central.	47
Figura 24: Fotografía del circuito montado como prototipo de pruebas.	48
Figura 25: Circuito de pruebas montado para iluminación exterior.	49
Figura 26: Circuito de pruebas montado para control de accesos.	51
Figura 27: Circuito de pruebas montado para medición de temperatura.	53
Figura 28: Circuito de pruebas montado para monitoreo de nodos.	55
Figura 29: Pregunta 1 de la encuesta a los residentes.	65
Figura 30: Pregunta 2 de la encuesta a los residentes.	66
Figura 31: Logo COMMUNITHINK.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aspectos técnicos Zigbee.	24
Tabla 2: Comparación productos en el mercado.	26
Tabla 3: Aspectos de los módulos Xbee.	33
Tabla 4: Datasheet de un módulo Xbee..	34
Tabla 5: Características de la raspberry PI3.	36
Tabla 6: Características PIR HC-SR501.	38
Tabla 7: Características de fotoresistencia GL5516	39
Tabla 8: Características del sensor LM35DZ.	42
Tabla 9: Configuración de dispositivos Xbee para una WSN..	45
Tabla 10: Costos aproximados de implementación.	57
Tabla 11: Configuración de dispositivos Xbee para una WSN.	58

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, la mayor parte de las personas no cuentan con un sistema tecnológico inteligente de tipo domótico o inmótico en sus hogares o trabajos. Esto se debe a su reciente auge, desconocimiento en el país y principalmente el alto costo que una instalación así implica.

Como alternativa a los sistemas tradicionales se ha optado por una red de sensores que gestione algunas funcionalidades generales del edificio dentro de un conjunto, sin llegar a los hogares, pues esto ya es campo de la domótica.

Actualmente, las redes de sensores inalámbricas WSN son objetivo de varios estudios de aplicaciones debido a sus características de bajo consumo, reducción de tamaño y precio, escalabilidad y la consolidación de las comunicaciones inalámbricas.

Se propone entonces en este documento las especificaciones de los factores de diseño de una red de sensores con tecnología inalámbrica Zigbee que soporte funcionalidades como monitorización central, gestión de alertas, generación de mensajes o notificaciones, control de iluminación y control de acceso vehicular-peatonal. De igual forma se muestra los resultados de las pruebas realizadas en un prototipo que simula un nodo final recogiendo datos de los sensores y enviándolos al nodo coordinador, y posteriormente unos aspectos a tener en cuenta para una instalación.

2. PROBLEMA

El aumento de la densidad poblacional en las ciudades, además del escaso y costoso metro cuadrado en la ciudad hace que la gente opte cada vez más por adquirir una propiedad horizontal en urbanizaciones, edificios o conjuntos residenciales, se estima que al menos el 40% de la población vive en este tipo de predios [1]. Por tanto, esto lleva a que en estos terrenos convivan hasta 400 familias de 2 a 5 integrantes dificultando el manejo de las situaciones, funciones y problemas que se presenten, debido a que recaen en unas pocas personas que pueden ser: 1 administrador, 2 o 3 encargados de la seguridad y 3 personas encargadas de aseo y mantenimiento.

Adicional a eso en los conjuntos existen pocas opciones tecnológicas con las que se cuenta como el circuito cerrado de televisión, el citófono o teléfono y control de acceso. Además, en muchas ocasiones estas tecnologías son obtenidas por estratos altos con poder de adquisición.

Así entonces, el área del problema se enmarca en hardware y telecomunicaciones. Luego de encontrar el tema principal de investigación se abordaron otros grandes temas o conceptos tecnológicos afines que estuvieran en evolución y tuvieran impacto a un gran número de personas. Un primer concepto como IoT involucra redes de sensores y conexiones de entre dispositivos y a internet, y un segundo como la domótica (inmótica como rama) que gestiona y automatiza sistemas en un espacio.

Entonces la pregunta a resolver es ¿Cómo una red de sensores podría mejorar la calidad de vida en seguridad, confort, comunicaciones y gestión energética de las personas que habitan o trabajan en conjuntos residenciales de estratos bajos?

3. JUSTIFICACIÓN

Con las tecnologías de información y comunicaciones (TICs), los conceptos de domótica, inmótica, redes de sensores e IoT aplicados en hogares, edificios y ciudades han tenido un gran impacto con cosas simples desde el punto de vista de la ingeniería como por ejemplo generar alertas, encender y controlar las luces, las cortinas, el sonido, las cerraduras o la medición del consumo de cualquier servicio.

Primero el hecho de la multiplicación de conjuntos residenciales que empieza a mediados de los años 60 marcó un cambio en el estilo y forma de vida de las personas de las urbes. Luego, otro evento que puso la pauta fue el caso de la aparición de protocolos como LON o X10 en los años 80. Por último, desde principios de siglo XXI, la popularización de internet, aparición de IoT y protocolos como Zigbee demuestran una tendencia por el uso de estas tecnologías en muchos lugares logrando que funcionalidades como acceso por pin o huella, control de temperatura y monitorización de recursos sean ampliamente instaladas volviéndose casi que indispensables.

Con este proyecto se espera ampliar la utilización de inmótica en el ámbito social Colombiano donde no es tan conocida y no hay demasiada receptividad. En segundo lugar también se desea que haya una motivación de extender su mercado, adaptarla para más funciones y se mejore continuamente.

4. ALCANCE

Este proyecto beneficiará principalmente a los habitantes de conjuntos residenciales o edificios de apartamentos de la ciudad de Bogotá de estratos medios y bajos que no tengan la posibilidad de acceder a estas tecnologías que brinden soluciones en seguridad, confort, gestión y comunicaciones.

En cuanto al mercado esta solución sería ofrecida a cualquier conjunto construido, así como a proyectos de constructoras sin importar sus dimensiones o estructuras debido a la flexibilidad de la tecnología con la que se va a trabajar.

5. OBJETIVOS

5.1.OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de sensores que soporte funcionalidades de monitorización central, gestión de alertas, generación de mensajes o notificaciones, control de iluminación y control de acceso vehicular-peatonal para satisfacer los principios de la domótica e inmótica en conjuntos residenciales de estrato medio y bajo.

5.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y analizar las empresas a nivel nacional e internacional que ofrezcan productos en el mercado relacionados a inmótica, redes de sensores, bases de datos y circuitos electrónicos.
- Realizar un análisis técnico de los equipos a utilizar y comprobar que sean los adecuados para el diseño.
- Diseñar y validar el esquema general de la solución reuniendo información y requerimientos del sitio bajo escenarios propuestos.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se ha determinado una investigación cuantitativa-cualitativa. Desde la parte cuantitativa se usan datos, cálculos y esquemas para realizar un prototipo, diseño y prueba. Mientras desde la parte cualitativa se tomará en cuenta las opiniones y posturas de los posibles usuarios.

Debido a que es una investigación cualitativa y cuantitativa, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Búsqueda de aplicaciones y funciones de la inmótica en una instalación típica.
- Entrevista a una empresa con experiencia en el tema para despejar dudas iniciales del tema.
- Investigación de estándares y normativas respecto a domótica e Inmótica para seleccionar el más adecuado.
- Tipos de equipos y estructuras óptimas para la instalación.
- Análisis de aplicación en un caso particular.
- Mirada del contexto social de ese caso individual escogido.
- Acercamiento a los beneficiarios del conjunto residencial escogido informando de la solución planteada.
- Se indaga en una encuesta sobre que quiere la gente para tener nuevos aportes a nuestro proyecto.
- Organizar a información recogida de la entrevista y de las personas para analizar la viabilidad de las propuestas.
- Diseño de la solución para el caso en particular.

7. MARCO HISTÓRICO

Para ver como los edificios residenciales se fueron convirtiendo en parte del paisaje de la ciudad, tenemos que empezar hacia inicios del siglo XX donde el campo migraba a las urbes generando un crecimiento demográfico. Entre los años 30 y 40 Bogotá se polarizaba en clase obrera, media y alta, nacían barrios hacia la periferia, algunos con intervención estatal como el barrio los Alcázeres (1949), barrio Quiroga (1951 a 1962), barrio Restrepo (1935 -1937), entre otros. Arquitectos entre los que se destacan Karl Brunner, Rogelio Salmona o Arturo Robledo ideaban nuevas estructuras, edificaciones que representaban una forma de construir ciudad dentro de la ciudad. Algunos ejemplos de estas primeras urbanizaciones donde la gente adoptaba un nuevo estilo de vida en comunidad son el centro urbano Antonio Nariño (primer conjunto residencial del país en 1958), conjunto multifamiliar El Polo (1959), conjunto Multifamiliar Calle 26 (1964) y conjunto Residencial Torres del Parque (1971) [2].

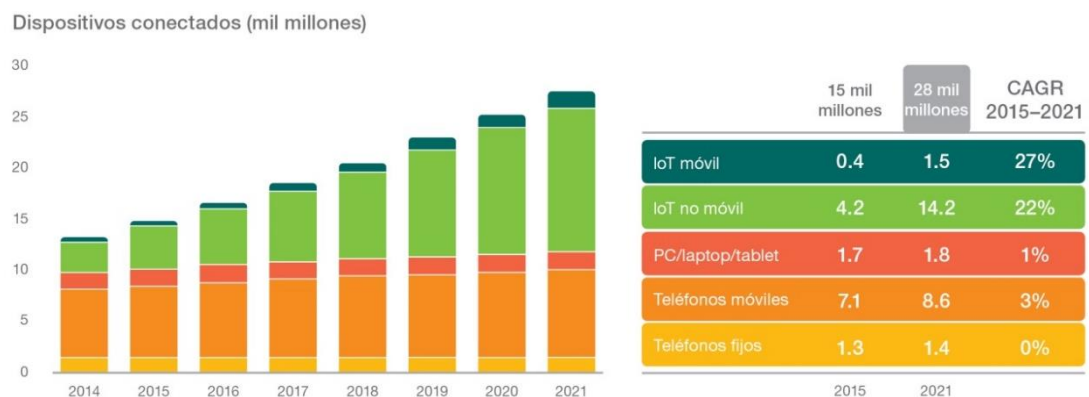
Mientras transcurrían los años 70-80 y esos proyectos de vivienda se multiplicaban, se buscaba el hogar ideal y paralelamente surge el concepto de domótica. El proceso en el que apareció este tipo de tecnología empezó con el protocolo X10 en 1975, creado para el telecontrol y basado en corrientes portadoras o Power Line (PL). Este sistema se extendió por Estados Unidos y Europa, debido a su sencillez y accesibilidad, produjo multitud de aplicaciones de software y hardware [3]. Es más, en la actualidad se siguen creando empresas alrededor de X10, aportando novedades como control de voz, integración multimedia y miles y miles de aplicaciones diseñadas por usuarios de este protocolo. Pero, por otra parte, el problema de X10 está en su fundamentación pues usa las corrientes portadoras para transmitir la señal, y por ser muy vulnerable a frecuentes alteraciones afecta la calidad de la misma.

Entre la década de los 80-90 fueron posibles los edificios inteligentes con el auge de los computadores que implementaban sistemas cableados en estructuras con

el objetivo de facilitar la conexión de terminales o periféricos permitiendo el transporte de voz, de datos, y el control de la seguridad. Del mismo modo con el objetivo de llevar estas innovaciones a las viviendas, tres asociaciones como EIB, BatiBus y EHS se fusionaron a finales de los 90 para crear el estándar KNX que a la par con LONWORKS han experimentado un enorme crecimiento durante la primera década del siglo convirtiéndose así en los dos principales estándares de domótica en el mundo [4].

Iniciando el siglo XXI se entra en la era digital donde hubo revoluciones tecnológicas importantes como la popularización de los PCs y aparición de los celulares que evolucionaron rápidamente. El rápido crecimiento de internet se debió a la cantidad de estos dispositivos conectados y soportados. Para el 2006 hacen su aparición protocolos como Zigbee y Zwave ideales para los sistemas domóticos inalámbricos RF. Hacia el año 2008 comenzó a sonar un nuevo concepto, el IoT (internet de las cosas) que ofrece una gran diversidad de servicios interactivos, y que hoy en día ha desarrollado una cantidad de dispositivos y redes de sensores destinados a varias aplicaciones conectados a internet logrando que haya más dispositivos conectados que personas en el mundo [5] como lo muestra la siguiente figura.

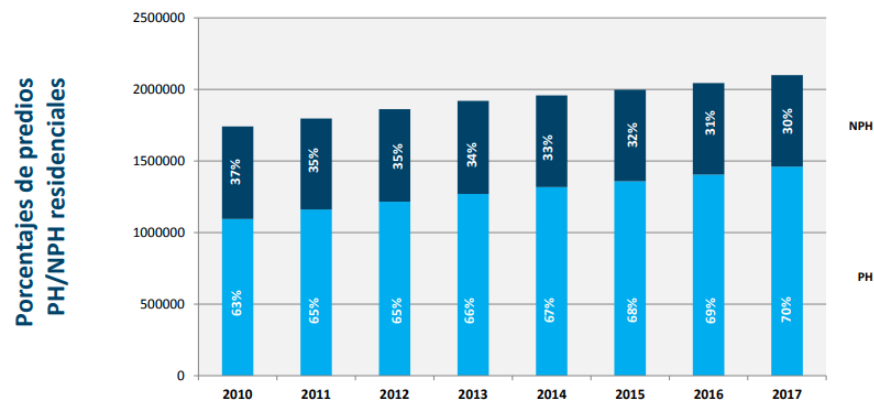
Figura 1: Proyección de cantidad de dispositivos conectados IoT



Actualmente converge el aumento exponencial de la tecnología con el de la población proyectando que en un futuro siga el crecimiento de las ciudades y que todas estas tecnologías apunten a IPV6.

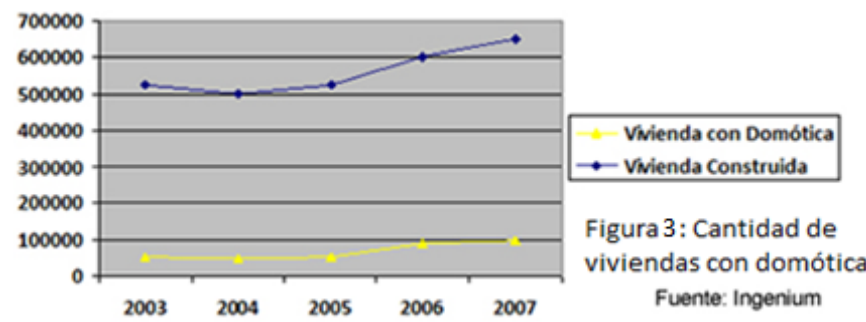
Las figura 2 ilustra el aumento de predios destinados a vivienda en la ciudad de Bogotá y marca una proyección al alza hacia el futuro:

Figura 2: Porcentaje de predios propiedad horizontal.



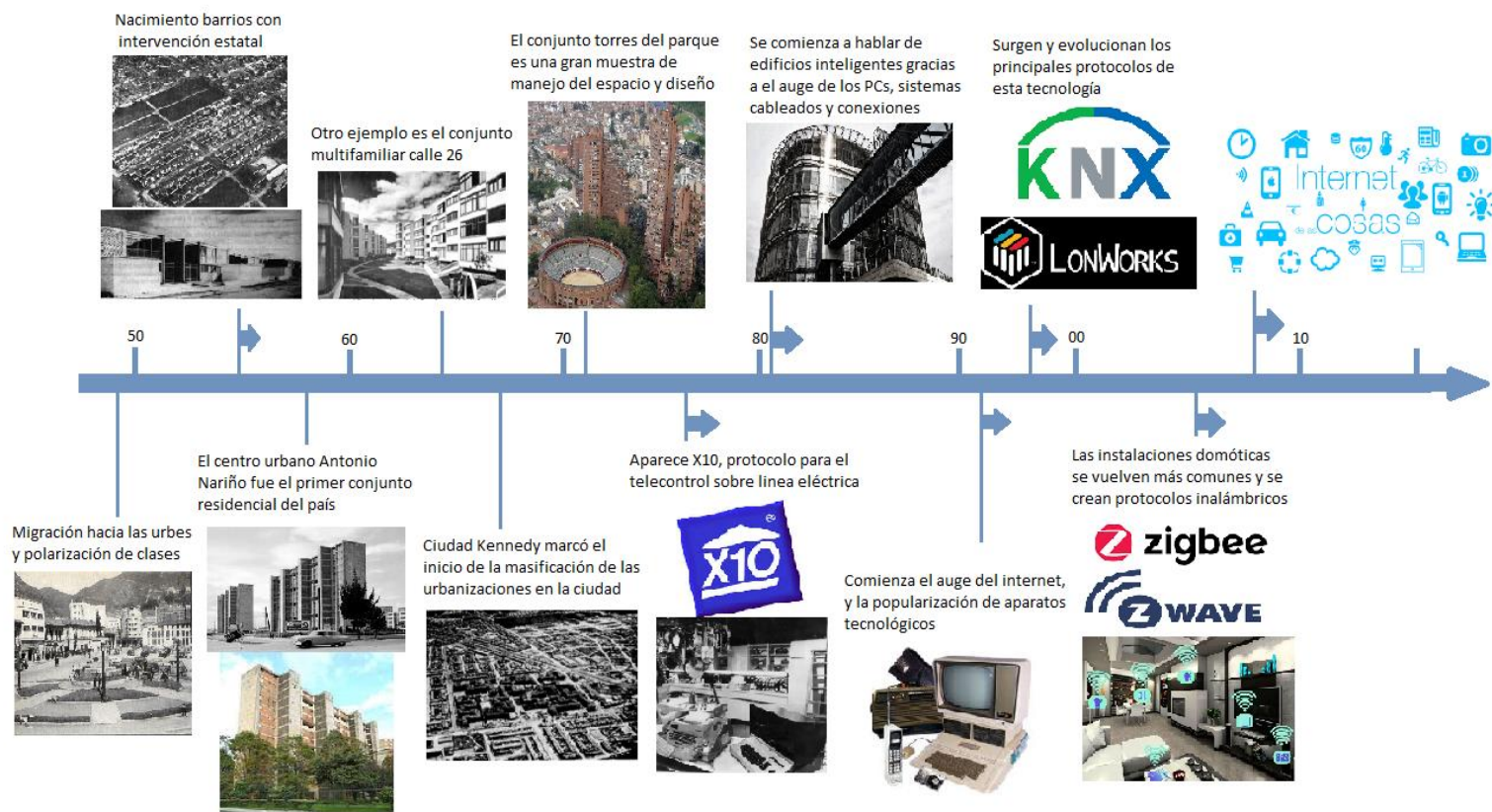
Fuente: https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/Resultados_Censo_2017%20version%20final.pdf

Por otra parte, la figura 3 muestra la relación entre las viviendas construidas a través de los años versus la cantidad d viviendas con algún tipo de solución domótica en el mismo periodo:



Se evidencia de lo anterior una tendencia acerca de las tecnologías emergentes como de las formas de vivienda en la actualidad. En resumen, a continuación se presenta la línea de tiempo de lo abordado:

Figura 4: Línea de tiempo de los conceptos tratados.



Fuente: Autores.

8. MARCO CONCEPTUAL

Las estructuras en general pueden clasificarse en edificaciones residenciales en las que varía si se compone de una o varias viviendas, y no residenciales que pueden derivarse según su uso, como por ejemplo, un edificio que combine los aspectos residenciales, hotelero o de oficina. Las construcciones en Bogotá objeto de este proyecto son propiedad horizontal definida como “forma especial de dominio en la que concurren derechos de propiedad exclusiva sobre bienes privados y derechos de copropiedad sobre el terreno y los demás bienes comunes.” (Catastro Bogotá) [6].

Los llamados edificios inteligentes son aquellos que integran diseño de interior, arquitectura y sistemas basados en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs). Estas tecnologías son la domótica y la inmótica que sirven para la gestión remota, automatización y centralización, se componen de subsistemas en las instalaciones, con la función de optimizar recursos, reducir costos, disminuir el consumo de energía, aumentar la seguridad y el confort.

“La Domótica puede definirse como la adopción, integración y aplicación de las nuevas tecnologías informáticas y comunicativas al hogar. Incluye principalmente el uso de electricidad, dispositivos electrónicos, sistemas informáticos y diferentes dispositivos de telecomunicaciones, incorporando la telefonía móvil e Internet. Algunas de sus principales características son: interacción, interrelación, facilidad de uso, tele-operación o manejo a distancia, fiabilidad, y capacidad de programación y actualización. Su arquitectura puede ser centralizada o descentralizada preferiblemente. Los protocolos pueden ser estándar, es decir compatibles entre sí, y propietarios, que son los creados exclusivamente para un cliente o aplicación única.” [7].

Se pueden incorporar sistemas automáticos y sistemas inteligentes. Se diferencian en que uno realiza las funciones preestablecidas de acuerdo con lo programado por el usuario y el otro elige la solución más adecuada frente a algún problema o situación que el usuario no pueda intervenir.

Por otro lado “La inmótica incorpora a los edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteles, empresas y similares) sistemas de automatización y control electrónico con el objetivo de gestión técnica para el ahorro energético, el confort y la seguridad.” [8]. Así mismo DOMODESK enuncia los siguientes escenarios donde se aplica la inmótica: hoteles, hospitales, centros comerciales, comunidades de vecinos, edificios de negocios, complejos industriales, gimnasios, colegios o universidades, ayuntamientos, instalaciones deportivas, aeropuertos, parkings, etc. Dependiendo del tipo de edificio se aplique esta tecnología, serán diferentes las funciones y servicios que se ofrezca.

Entonces, a diferencia de la domótica que se centra a casas unifamiliares, la inmótica abarca edificios más grandes y está orientado no solo a la calidad de vida, sino a la calidad del trabajo.

Con respecto a los servicios y seguridad se encuentra la detección y extinción de incendio, control de aire, ventilación y calefacción, control y administración de energía e iluminación, seguridad y detección de intrusos, etc. Y en cuanto al mantenimiento del edificio está el control y administración de ascensores, señalización de evacuaciones en escaleras, grabación digital y demás acciones que hacen también a la seguridad en general.

Una red de sensores es una red de dispositivos pequeños equipados con sensores que en conjunto cumplen una tarea (en este caso una funcionalidad), con el objetivo que la captura constante de información sea una herramienta para recopilar datos y monitorizar cualquier sistema de forma efectiva [9].

Por otra parte, una variación de las redes de sensores son las WSN, formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades de comunicación inalámbrica que

permiten formar redes ad-hoc sin infraestructura física preestablecida no administración central. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser auto configurables. Otra de sus características es su gestión eficiente de energía y su escalabilidad.

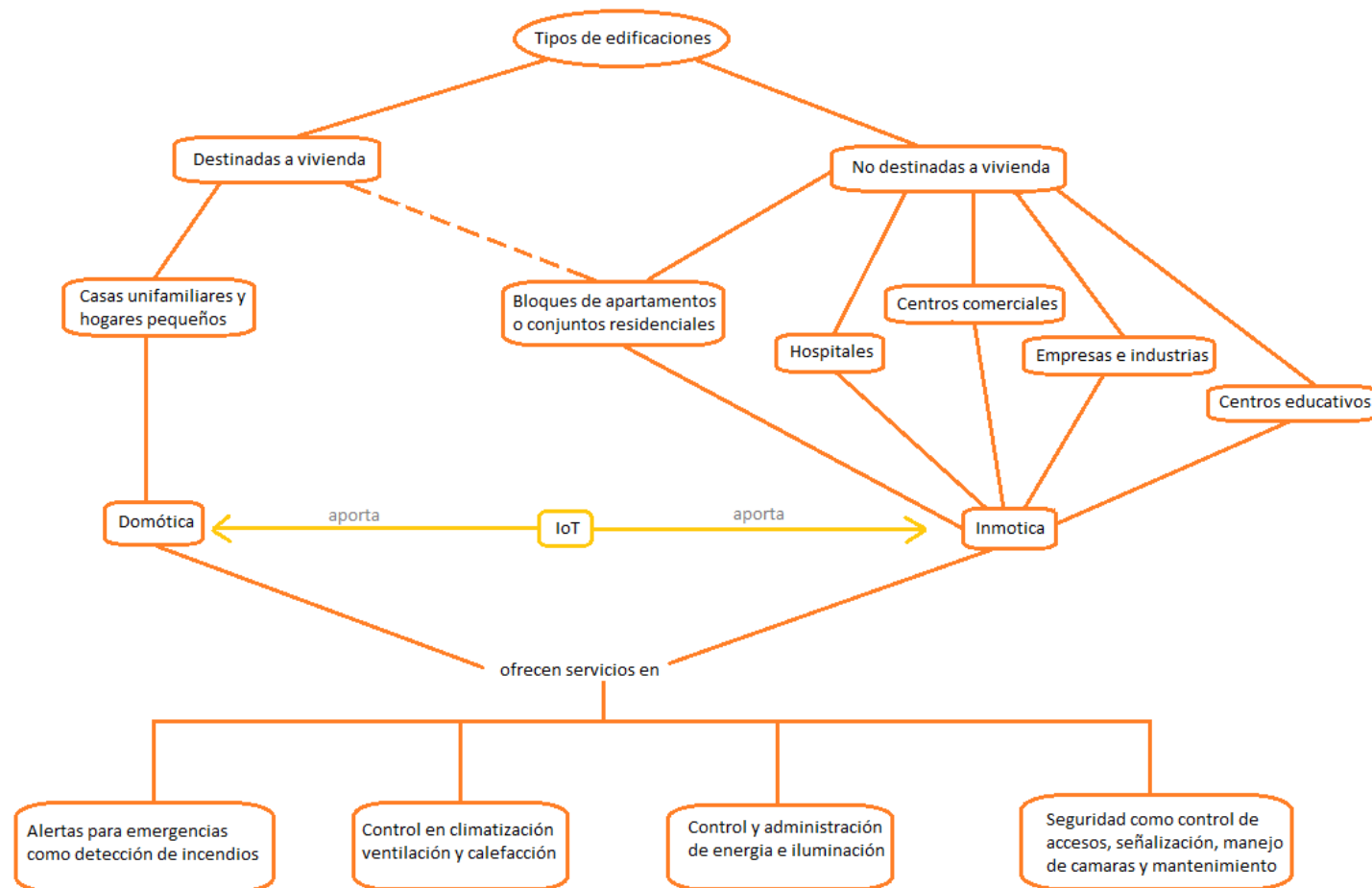
Los dispositivos finales de la red pueden ser de dos tipos: sensores y actuadores.

Un sensor es el responsable de realizar la conversión de variables medibles físicas del entorno generalmente análogas de tipo mecánico, químico o biológico en datos digitales. Pueden ser activo si necesitan alimentación eléctrica o pasivo si no la requieren. En un edificio, se encargan de proporcionar toda la información necesaria para su posterior gestión. Algunos sensores comunes son los de temperatura, humedad, presencia, iluminación, etc.

Los actuadores hacen el proceso inverso de los sensores. Estos son dispositivos electromecánicos que actúan sobre el medio basados en una reacción a un evento o a una situación programada de forma remota. Los actuadores pueden mantener niveles de salida continuos o discretos. Ejemplos de actuadores pueden ser el motor de una persiana, los contactores de un circuito de iluminación, lámparas, radiadores, sirenas, etc. [10].

En la figura 5 se muestra un mapa conceptual donde se puede apreciar de manera general los conceptos involucrados en la investigación.

Figura 5: Mapa conceptual de las temáticas involucradas en la investigación.



Fuente: Autores.

9. MARCO TEÓRICO

Para implementar las funcionalidades en una red de sensores, se puede optar por sistemas centralizados o por sistemas descentralizados. Primero, en los sistemas centralizados los elementos están conectados en un único punto, generalmente a la unidad de control central, que coordina, muestra y toma acciones de todo el sistema. Mientras, en los descentralizados existen diferentes elementos de control con la capacidad de tratar la información que recibe y actuar en consecuencia de forma autónoma. En estos sistemas los elementos de control están lo más cerca posible de los elementos que se deben controlar. El más utilizado y adecuado para redes de sensores como la que se plantea es el centralizado puesto que tendría un nodo central que recibe todos los datos y desde donde se gestiona, monitorea y configura la red [11].

En una red de este tipo se puede apreciar una arquitectura de capas así:

Capa física: La capa física suministra una interfaz para la transmisión de flujos binarios sobre el medio físico. Es responsable de interactuar con la capa MAC, y proporciona capacidades de transmisión, recepción y modulación. La capa MAC interactúa con la capa física para detectar y corregir errores. Las funciones de la capa física son.

- Activar y desactivar el nodo sensor entre sus tres modos de funcionamiento: Recepción, Transmisión y modo sleep.
- Indicar la calidad del enlace midiendo la potencia de la señal en dBm a la que ha transmitido.
- Determinar que potencia tiene determinado canal, función que es utilizada por la capa de red.
- Evaluar que canal se encuentra libre, esto es usado por el protocolo CSMA-CA.

Capa de enlace o MAC: La capa MAC proporciona una interfaz de comunicación entre la capa física y protocolos de capas superiores. Se ocupa de la transferencia de datos entre dos nodos que comparten el mismo enlace.

Como la red es inalámbrica, para conseguir una transferencia eficaz de datos, hay una necesidad de controlar el acceso al medio y gestionarlo teniendo en cuenta los siguientes atributos: eficiencia energética, escalabilidad, sincronización de trama, imparcialidad, utilización de ancho de banda, control de flujo y control de errores.

Capa de red: Esta capa implementa seguridad y encamina tramas a sus respectivos destinos, actúa como interfaz entre la capa MAC y la capa aplicación. La capa de red es la responsable de:

- Iniciar la red
- Unirse a la red
- Enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red
- Proporcionar los medios para garantizar la entrega al destinatario final,
- Filtrar, cifrar y autenticar paquetes recibidos.

Capa de soporte: Filtra paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. Las capas de red y de soporte a la aplicación son definidas por la ZigBee Alliance.

Capa de aplicación: Es la capa de la que se encargan los fabricantes, donde se encuentran los ZDO (ZigBee Device Objects) aquí se define el papel del dispositivo en la red. Podemos decir que esta capa es la aplicación misma.

Comúnmente se utiliza tipos de estándar como LON o X10 que son los cableados y tradicionales; además suelen verse en los complejos de viviendas de clase alta a forma de lujo y no como una solución asequible y efectiva en cualquier lugar. Es

por ello que esta solución se realiza con una tecnología inalámbrica centrada en aplicaciones domóticas e industriales.

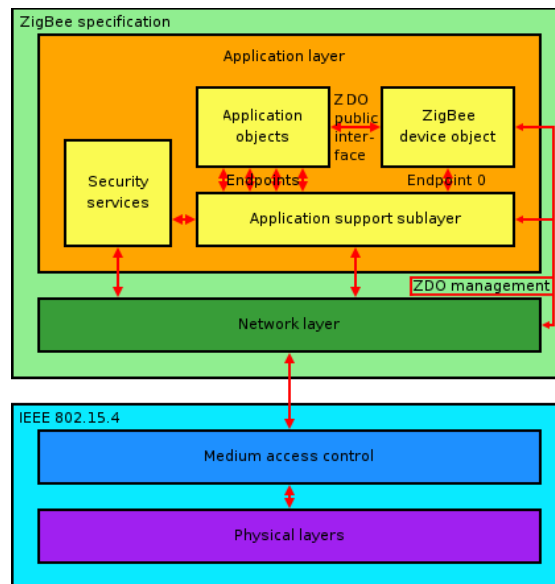
ZIGBEE:

ZigBee se basa en el protocolo IEEE 802.15.4 el cual es un estándar que detalla el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal (WPAN) con bajas tasas de transmisión de datos.

ZigBee tiene ventajas importantes como el bajo consumo en sistemas complejos, seguridad superior, robustez, alta escalabilidad y capacidad para soportar un gran número de nodos. Es una tecnología con futuro hacia la gestión inalámbrica y las redes de sensores en aplicaciones IoT y M2M [12].

Pila de protocolos de Zigbee:

Figura 6: Capas de Zigbee.



Fuente: <http://ricveal.com/contenido/uploads/2014/07/arquitectura-zig-bee.png>

Características técnicas Zigbee:

Tabla 1: Aspectos técnicos Zigbee.

	ZIGBEE	BLUETOOTH	WI-FI
Basado en especificación IEEE	802.15.4	802.15.1	802.11.b
Velocidad de transmisión	250Kbps	1Mbps	11 Mbps
Tamaño de la red	65.000 nodos	8 nodos	255 nodos
Latencia	30ms	10s	3s
Tipo de datos	Pequeños paquetes de datos	Audio-Gráficos	Video Audio Gráficos
Topologías	Estrella, árbol, malla e híbrida	Estrella	Estrella
Cobertura (metros)	70-1600	10-100	100
Duración de baterías	100-1000 días	1 semana	0.5 a 5 días
Precio	Accesible	Bajo	Costoso
Aplicación principal	Control y monitorización	W-PAN	W-LAN
Memoria necesaria	4Kb-32Kb	250Kb	1MB
Expansión	si	no	Roaming
Parámetros importantes	Fiabilidad, bajo coste y bajo consumo	Costes y perfiles de aplicación	Velocidad y flexibilidad

Fuente: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf?sequence=1)

[%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf?sequence=1)

Banda que utiliza:

Zigbee utiliza la banda de frecuencias ISM (Industrial, Scientific, Medical) para uso industrial, científico y médico con frecuencias de 2.4 GHz en todo el mundo, por ser de uso libre no licenciada. En Europa usa la banda de frecuencia de 868 MHz y en Estados Unidos 915 MHz [13].

Modulación y multiplexación usada por Zigbee:

En la interfaz aire utiliza el método DSSS, que consiste en usar la técnica espectro ensanchado, a través de un código de secuencia pseudoaleatoria conocido como “chipping sequence”, el cual se transmite a máxima

velocidad (chip rate). El código generado es usado directamente para modular una portadora. Esta técnica ha demostrado ser útil para evitar interferencias, sobre todo en la banda libre de 2.4 GHz (ISM).

Para problemas de interferencias en esta banda cuando las señales dos dispositivos, aunque no tengan exactamente la misma frecuencia se superponen, el estándar IEEE 802.15.4, utiliza otra técnica de acceso conocida como FDMA (Frequency Division Multiple Access) usado por otras tecnologías inalámbricas. Este consiste en dividir la banda libre ISM en 16 canales con un ancho de banda de 2 MHz que no se superponen, los cuales tienen una separación de 5 MHz. Su numeración va desde el canal 11 al canal 26 [14].

Seguridad y colisiones:

Para evitar colisiones utiliza el protocolo CSMA-CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance). Cada dispositivo “se anuncia” en el medio antes de realizar su transmisión. De esta manera se evitan colisiones, pues cada equipo en la red va a conocer cuando se producen, de tal forma que un dispositivo va esperar un tiempo aleatorio adicional antes de intentar de nuevo la transmisión.

En cuanto a la seguridad, ZigBee usa uno de los algoritmos más completos. Para este fin el estándar IEEE 802.15.4 utiliza la encriptación AES de 128 bits (Advanced Encryption Standard) [14].

10. ANÁLISIS DE EMPRESAS RELACIONADAS

En el presente capítulo se hace mención de 3 empresas en el ámbito internacional y 1 en el nacional escogidas porque ofrecen soluciones similares a la propuesta. Es importante realizar esta comparación con el fin de analizar y comparar lo que ofrecen pudiendo identificar y especificar cuál es el valor agregado del proyecto COMMUNITHINK.

Tabla 2: Comparación productos en el mercado.

Empresa	Funciones ofrecidas	País e info adicional
GreenSmart Innovations	Gestión de alarmas técnicas, monitorización de consumos, seguridad de intrusión, control programado de calefacción, simulación de presencia, vigilancia de Parking.	Tiene presencia en Guatemala y centro América. Utiliza tecnología LonWorks. Link: http://www.greensmartinnovation.com/domourbanizacion.aspx
Domotic	Ahorro Energético, control de la iluminación, seguridad y alarmas técnicas, control de dispositivos y electrodomésticos, control de la climatización y control de la climatización	Se encuentra en Argentina. Incorpora apps para smatphones. Link: http://www.sistemasdomotic.com.ar/edifi.html
Unitel	Monitoreo del funcionamiento general, balance energético, control de sistemas de riego, de temperatura y humedad, sistemas de accesos, cámaras IP, y alertas.	Esta establecida en España. Se dedica a todo tipo de soluciones e infraestructuras tecnológicas. Link: https://unitel-tc.com/
Prime domotics	Gestión de iluminación, redes inalámbricas Wifi, control de acceso, cortinas, audio, video y	Tiene su sede en Bogotá, Colombia. Sus servicios están más focalizados en hogares.

	aditamentos o gadgets.	Link: https://primedomotics.com/
COMMUNITHINK	Control de acceso peatonal y vehicular, gestión de la iluminación y temperatura, información y notificaciones, redes de sensores y generación de alertas de emergencias.	Colombia

Fuente: Autores.

Las redes de sensores son cada vez más populares en múltiples campos de aplicación por sus características claves de bajo consumo, reducción de tamaño y precio, escalabilidad y la consolidación de las comunicaciones inalámbricas.

A diferencia de las demás, aquí se utiliza un protocolo inalámbrico Zigbee, por la razón de que es más económico, reciente y para el caso de una vivienda/edificio existente es recomendable una solución no cableada donde los requisitos de instalación sean mínimos y se utilice la radiofrecuencia como medio de transmisión.

Además, en el contexto social colombiano las funcionalidades planteadas son las de mayor necesidad y aceptación por parte de la comunidad siendo prestadas con una tecnología de menor costo y sin alterar demasiado la infraestructura para tender redes y colocar equipos, lo que brinda Zigbee.

En resumen, ese es el valor agregado de este proyecto que busca: Popularizar este tipo de instalaciones en el contexto Colombiano, proponer esas funciones inexistentes hasta el momento en algunas construcciones y utilizar tecnología inalámbrica y un diseño eficiente que sea económico de implementar para llegar a los estratos medio y bajo.

11. FACTORES DE DISEÑO

11.1. DATOS TOMADOS DEL SITIO REFERENCIA

El conjunto Reservas de Galicia descrito a continuación como objeto de estudio cuenta con planos similares a los demás replicados por constructoras para vivienda de estratos medio-bajo y de interés social. De él se obtuvo los siguientes datos:

- Dirección: Cll 62ª sur No. 73C-21.
- Estrato: 3.
- Dimensiones del predio: 113x95m.
- Conformación: 16 estructuras (torres) y una portería.
- Dimensiones de las torres: 15x15m, 6 pisos cada una.
- Cantidad de apartamentos: 384 (192 aptos tipo a y 192 tipo b).
- Población estimada: 1150 personas.
- Descripción: Cuenta con entrada peatonal y vehicular independientes, parqueadero superficial a lo largo del predio con 92 espacios para vehículos y 30 para motocicletas, parqueadero colgante de bicicletas, cancha de fútbol, área de juegos, gimnasio y piscina.

Figura 7: Fotografía del conjunto objeto de estudio.



Fuente: Autores.

11.2. IMAGEN DEL ÁREA A CUBRIR

En la figura 8 se observa el plano superior del conjunto con las características descritas anteriormente:

Figura 8: Plano del área a cubrir del conjunto.



Fuente: Autores

11.3. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDADES

Las funcionalidades que entran en este diseño son comunes en instalaciones de tipo inmótico. Esto se debe a que son ideadas para cumplir los principios básicos de la domótica como lo son la seguridad, el confort, las comunicaciones y la gestión energética.

- **Monitorización central:** Esta función se realiza en el nodo base donde converge los datos emitidos por los demás nodos. A través de un equipo de cómputo con un software se monitorea el funcionamiento en tiempo real de la red inalámbrica con los paquetes enviados y recibidos. Así mismo desde allí se puede configurar parámetros de la red.

- **Gestión de alertas:** En caso de un evento de emergencia como incendio o intrusiones se emiten alertas que permitan al personal tomar acciones oportunamente al respecto.
- **Generación de mensajes o notificaciones:** De momento esta función es orientada al funcionamiento de la red como por ejemplo si algo está fallando. A futuro serviría para agregar nuevos nodos a la red, comunicaciones remotas y conexión con otra red cercana por ejemplo de otro conjunto.
- **Control de iluminación:** Controla la iluminación exterior automáticamente al oscurecer o amanecer, así como enciende iluminación interior al detectar alguna persona.
- **Control de acceso vehicular y peatonal:** Permite regular el ingreso de los residentes validando su credencial (chip, pin, tarjeta).

11.4. TOPOLOGÍA

Para este tipo de redes existen topologías en estrella, árbol, anillo, malla o híbrida.

En el caso particular de este proyecto se ha optado por usar una topología en estrella donde las comunicaciones se hacen a un salto, todos los nodos están en conexión directa con la puerta de enlace o coordinador y la distancia entre ellos es menor a 100 metros.

Se compone de varios nodos finales y un nodo coordinador; los nodos finales captan la información a través de los sensores que finalmente son enviados al nodo puerta de enlace que puede enviar esa información al exterior de la red y puede permitir su monitorización.

Figura 9: Topología en estrella.



Fuente: Autores.

Presenta ventajas como: baja latencia, topología muy robusta, alta fiabilidad, sencillez y rapidez en el desarrollo y bajo consumo energético. De igual forma tiene inconvenientes como: no siempre es posible desplegar una topología de este tipo, posibles problemas de colisiones al aumentar el número de nodos y si falla el nodo central cae toda la red.

12.DISEÑO DE ESQUEMAS Y DISPOSITIVOS POR USAR EN LA RED POR FUNCIONES

12.1. ESQUEMA GENERAL DE LA RED

Cada torre cuenta con un nodo Xbee con sus respectivos sensores configurado como nodo final que se comunica con el nodo coordinador como se muestra a continuación en la figura 10:

Figura 10: Pre visualización de la red en el área a cubrir.



Fuente: Autores.

12.1.1. Componentes

Los siguientes equipos son comunes en cada uno de los nodos que conforman la red:

- **Módulos Xbee:** Los XBee son módulos inalámbricos que integran un transmisor-receptor y un procesador en el mismo módulo, que permite desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla. Estos módulos utilizan como base el protocolo llamado IEEE 802.15.4 para crear redes punto a multipunto o para redes punto a punto. Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo domóticos. A continuación, se describe cada aspecto técnico de los módulos Xbee:

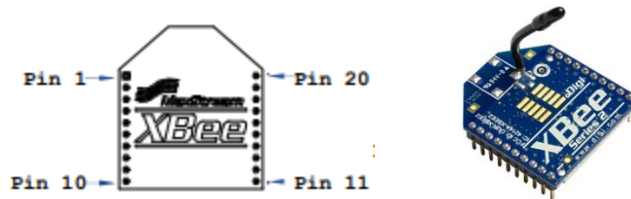
Tabla 3: Aspectos de los módulos Xbee.

Ítem	Descripción
Alcance	Hasta 100 mts para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro.
Consumo	Menor a 50mA cuando están en funcionamiento y menor 10uA cuando están en modo sleep.
Escalabilidad	Se puede tener 65,000 direcciones (Nodos) para cada uno de los 16 canales disponibles.
Asequibilidad	Son económicos y cuentan con interfaz serial que permite la configuración de estos dispositivos.
Interoperabilidad	Son fáciles de integrar y son compatibles con otros dispositivos Zigbee.
Configuración	Permiten la configuración de diversas topologías de red tales como estrella, árbol y topología en malla.
Programación y flexibilidad	Poseen versiones de Firmware programables para cada dispositivo X-Bee, lo que permite personalizar cada módulo de acuerdo al objetivo de la aplicación.

Existen 2 series de módulos XBee. La serie 1 conocidos como XBee 802.15.4 son la serie más fácil para trabajar, no necesitan ser configurados, útiles en aplicaciones que requieran comunicaciones Punto-a-Punto. Los

módulos de la serie 2 necesitan ser configurados previamente para su correcto funcionamiento y están diseñados para ser utilizados en comunicaciones punto a punto, punto a multipunto y en aplicaciones que requieren repetidores o para red mesh. La serie Xbee S2C con la que se ha trabajado tiene su respectivo datasheet con los nombres y descripción de los pines descrito a continuación:

Figura 11: Diagrama de pines del módulo XBee.



Fuente: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

Tabla 4: Datasheet de un módulo Xbee.

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

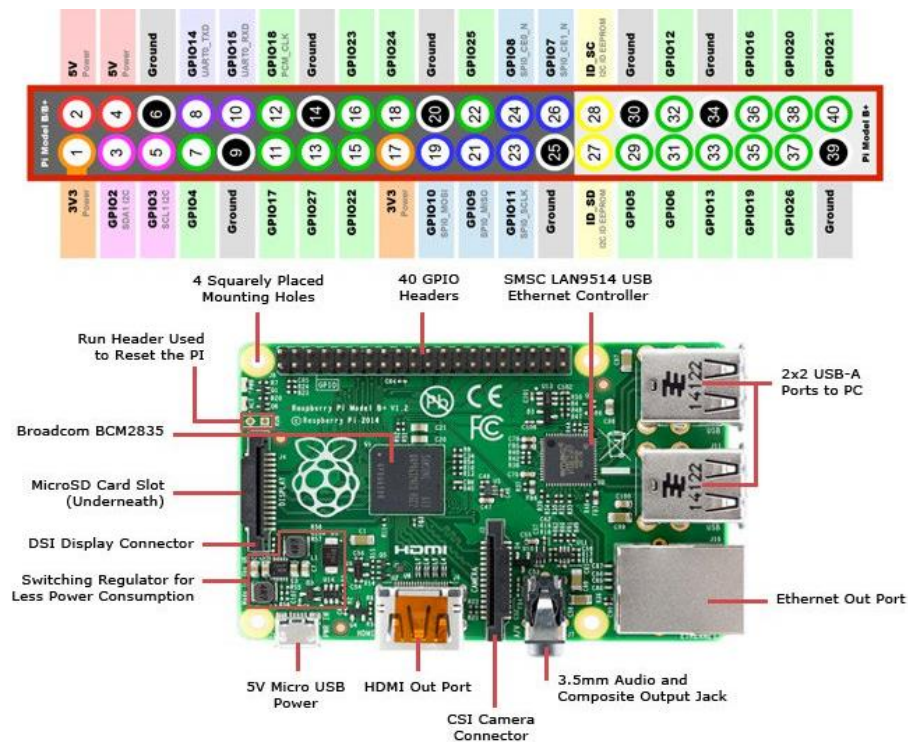
Fuente: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

Esta configuración de pines es importante si no se cuenta con una placa que permita su conexión vía USB.

Una red de sensores WSN de nodos Xbee está conformada por tres tipos de nodos que tienen un rol jerárquico tal como se describen a continuación:

- **Nodos finales o end devices:** Estos están compuestos por sensores y actuadores. Allí se capturan los datos del entorno.
- **Routers:** Son utilizados en redes muy extensas donde se necesita encaminar la información óptimamente en caso de obstáculos, congestión y fallos en algún componente de la red.
- **Coordinador y puerta de enlace:** A él convergen los datos recogidos para ser mostrados o para enviarlos como Gateway hacia internet.
- **Raspberry:** Es un ordenador compacto con capacidad de cómputo reducida pero lo suficientemente potente para fines educativos y múltiples aplicaciones de proyectos a bajo costo. Desarrollado por la fundación Raspberry PI de la universidad de Cambridge en Inglaterra, el modelo PI 3 usado en este caso, es una pequeña placa del tamaño de una tarjeta. El Pinout de la placa Raspberry PI 3 es el siguiente:

Figura 12: Nombres de los pines de la raspberry PI3.



Fuente: <https://www.jameco.com/Jameco/workshop/circuitnotes/raspberry-pi-circuit-note.html>

En la siguiente tabla se enumeran las características técnicas de la Raspberry PI3;

Tabla 5: Características de la placa Raspberry PI3.

PARÁMETRO	DATO
Procesador	1.2 GHz de 64 bits con 4 núcleos ARM
Memoria RAM	1GB
Bluetooth	4.1 y bluetooth low energy
WiFi	802.11n
Puertos y periféricos	4 USB, 40 pines GPIO, 1 HDMI, audio 3.5mm, ETHERNET, interfaz de cámara CSI y de display DSI, y ranura microSD
Dimensiones	8.5 x 5.3 cm
Alimentación	5V consumo de 700mA

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

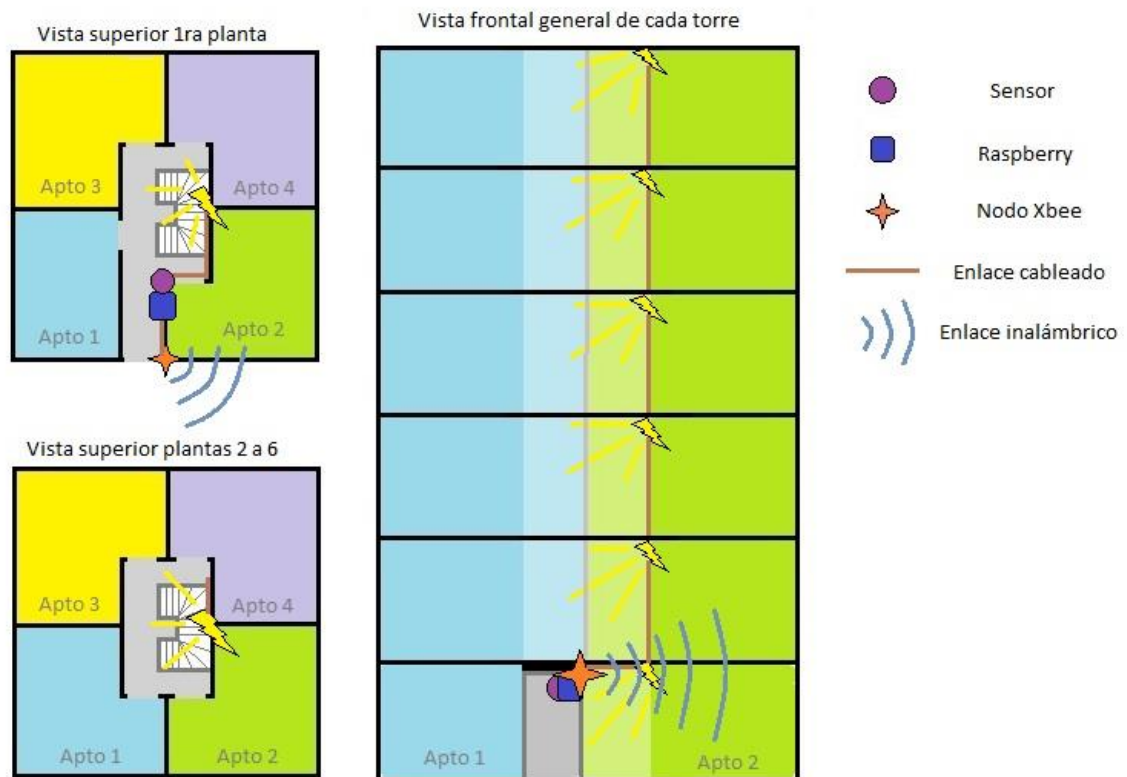
La raspberry puede ser usada como un PC convencional en términos del software con un sistema operativo especial basado en Linux con escritorio y entorno gráfico como lo es Raspbian que incluye programas para cualquier tipo de uso. Y en términos del hardware conectar periféricos vía USB como mouse o teclado, vía HDMI para un monitor, cable ETHERNET, cámara VGA, tarjeta SD como disco duro, y otro tipo de accesorios mediante los pines GPIO que funcionan como entradas y salidas.

12.2. ESQUEMA PARA CONTROL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR E INTERIOR

Para el caso de la iluminación interior se propone la instalación de un sensor de presencia por torre que al detectar por infrarrojo a alguna persona en su rango de

acción, encienda todas las luces del interior de la torres y las apague automáticamente después de determinado tiempo. A continuación, en la figura 13 se muestra el esquema básico de cómo se implementa esto por torre:

Figura 13: Esquema de control de iluminación por torre.

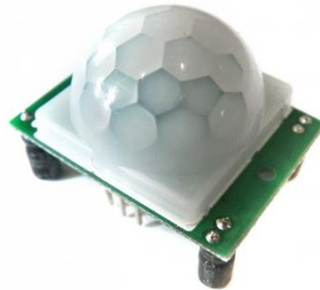


Fuente: Autores.

12.2.1. Componentes

- **Sensor detector de presencia HC-SR501 para iluminación interior:**
También conocido como sensores “PIR” o sensores de movimiento infrarrojo permiten detectar si existe movimiento dentro de su área de funcionamiento. Tiene tres pines: Gnd, output y Vcc.

Figura 14: HC-SR501.



Fuente: <http://shop.tecnofactorum.com/sensores-modulos-y-shields/77-detector-movimiento-hc-sr501.html>

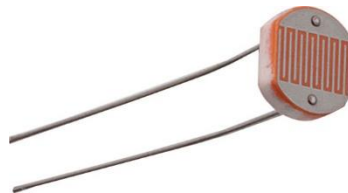
Tabla 6: Características PIR HC-SR501.

Características
Rango de detección: 3 a 7 m
Lente fresnel de 19 zonas: Angulo <100°
Tiempo en estado activo configurable mediante Trimmer
Consumo de corriente en reposo:<50uA
Voltaje de alimentación: 4.5V a 20V DC

Fuente: <https://www.miki.pro/sensor-de-presencia.html>

- **Sensor de luminosidad fotoresistencia GL5516 para iluminación exterior:** Es un elemento que actúa variando la resistencia dependiendo de la cantidad de luz que incida sobre su superficie:

Figura 15: Fotoresistencia GL5516.



Fuente: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/fotoresistencia-gl5516-0-5-mohm/>

Tabla 7: Características de fotoresistencia GL5516.

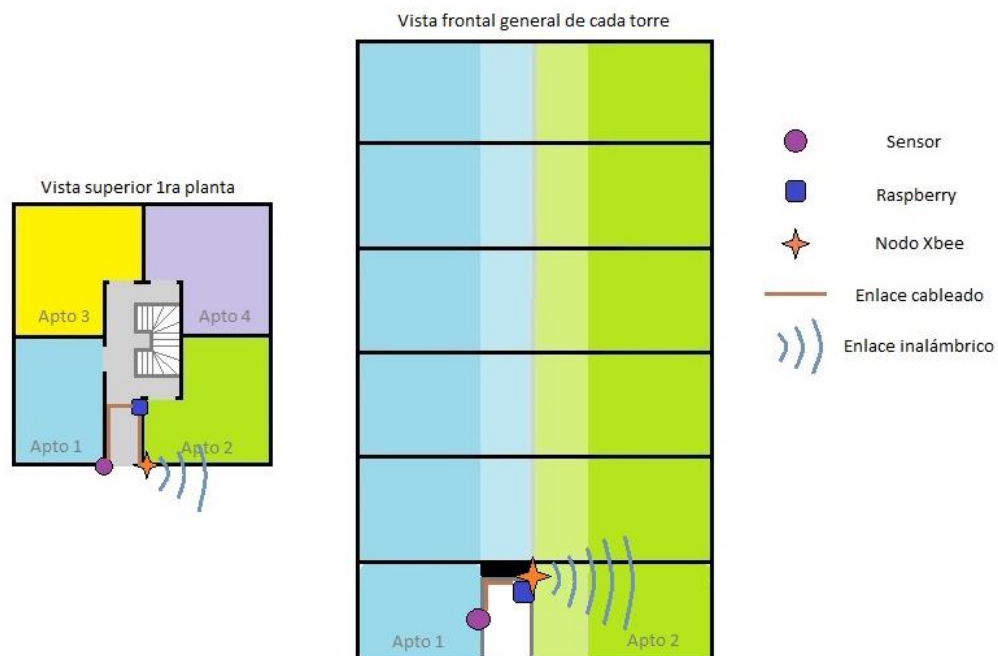
Características
0.5MΩ en la oscuridad
5-10 KΩ máximo bajo la luz
Voltaje máximo de 150V DC
Potencia: 100mW
Diametro: 4.8mm

Fuente: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/fotoresistencia-gl5516-0-5-mohm/>

12.3. ESQUEMA DE GESTIÓN DE ACCESOS

Los accesos peatonales a cada una de las torres así como para la puerta principal y de parqueadero son permitidos o denegados a través de pines o tarjetas RFID que cada uno de los residentes poseerá y que al ser acercadas al sensor, este validará su acceso accionando un tipo de cerradura magnética. En la figura 16 se visualiza el diagrama de esta funcionalidad para cada torre y la entrada principal:

Figura 16: Esquema de gestión de accesos por torre.

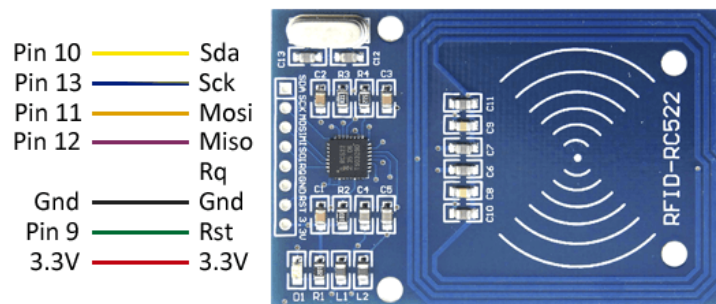


Fuente: Autores

12.3.1. Componentes

- **Lector RFID MFRC522:** Es un lector de tarjetas RFID que incorpora comunicación por bus SPI, bus I2C y UART, por lo que es sencillo de conectar con Arduino con las conexiones que se muestran en la figura. Opera en la frecuencia de 13.56Mhz y tiene una distancia de lectura de 0 a 60 ¿???. El MFRC522 tiene un consumo de 13-26 mA durante la escritura, 10-13mA en stanby e inferior a 80uA en modo sleep. La tensión de alimentación es de 3.3V.

Figura 17: MFRC-522 pines y conexiones.



Fuente: <https://www.luisllamas.es/arduino-rfid-mifare-rc522/>

12.4. ESQUEMA PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

En el caso de la temperatura, no se ha planeado realizar el control de esta sino simplemente medirla con el fin de detectar algún cambio fuera de lo normal que pueda ser un incendio.

Se ha optado monitorear un incendio por medio de un sensor de temperatura y no por uno de humo o de fuego(o flama) debido a que:

- ✓ Para el caso del sensor de fuego, la llama tiene que estar en contacto directo con él.

- ✓ El sensor de humo, se puede activar por otras causas como un fumador o hasta un incienso. Y en caso de emergencia dependiendo de su ubicación, será útil hasta que el humo de incendio llene todo el ambiente.
- ✓ El sensor de temperatura arroja el dato que puede ser solo informativo a la vez que es gestionado determinando si la medición en el interior de los bloques esta fuera de lo normal y puede representar un peligro.

En la figura 18 se puede visualizar la configuración física de cómo se monitorea la temperatura en el interior de un bloque o torre.

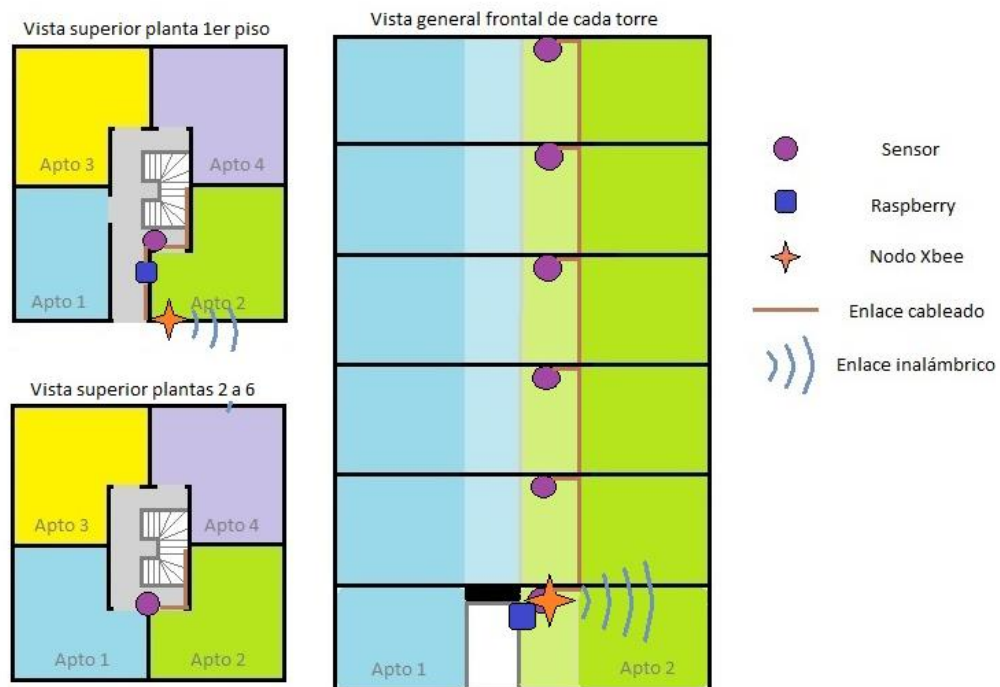


Figura 18: Esquema de detección temperatura por torre.

Fuente: Autores

12.4.1. Componentes

- **Sensor de temperatura LM35DZ:** Es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$). Para su funcionamiento no requiere ninguna calibración externa o ajuste.

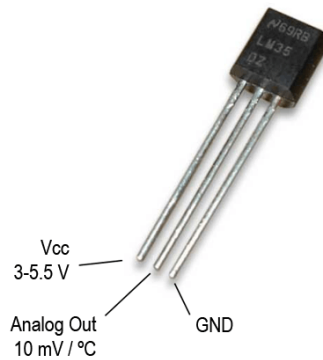


Figura 19: Pines del LM35DZ.

Fuente: <https://www.luisllamas.es/medir-temperatura-con-arduino-y-sensor-lm35>

Posee las siguientes características:

Tabla 8: Características del sensor LM35DZ.

Características	Valor
Calibración	Grados centígrados
Precisión	0.5°C a 25°C
Rango	De -55°C a 150°C
Aplicación	Apropiado para aplicaciones remotas
Costo	Bajo
Alimentación	Entre 4V y 30V
Consumo	Menos de 60uA
Impedancia de salida	0.1Ω

Fuente: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

12.5. ESQUEMA PARA GENERACIÓN DE ALERTAS O NOTIFICACIONES

Las alertas se realizan de forma interna en la red o de forma externa con alguna indicación visible o audible en estas ocasiones:

- Se registra o notifica dentro de los mensajes enviados al nodo central el estado de la iluminación exterior.
- Cuando se detecta un acceso autorizado se enciende un led de color verde para notificar que se ha validado el acceso.
- Si el acceso es no autorizado se enciende un led rojo indicando el error y se registra el incidente para luego enviarlo junto con la información al nodo central.
- En caso de emergencia por incendio aparte de registrar el evento y enviarlo como mensaje al central, se activa una alarma auditiva indicando la emergencia.

12.5.1. Componentes adicionales:

- Led.
- Buzzer.
- Compuerta lógica NOT.

12.6. ESQUEMA PARA MONITORIZACIÓN CENTRAL

Los nodos Xbee tienen que ser preconfigurados antes de su instalación en topología estrella.

12.6.1. Configuración de los nodos: XCTU

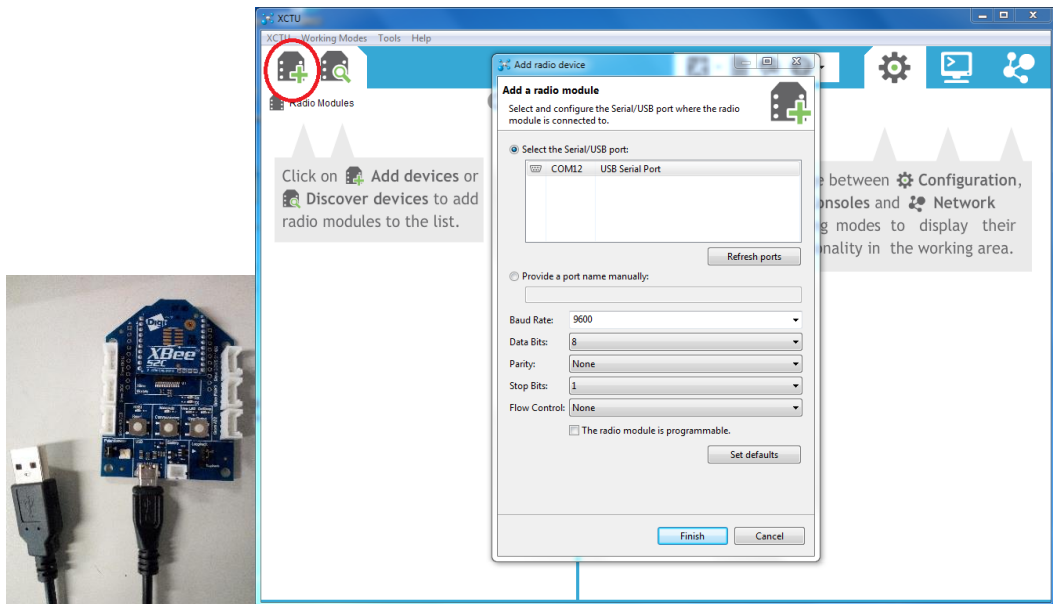
En la red tiene que haber un coordinador y 16 nodos finales. XCTU es un software multiplataforma desarrollado por el fabricante DIGI que incluye herramientas que facilitan la configuración y prueba de los módulos XBee RF.

- Descarga e instalación XCTU:

El instalador del programa se encuentra en el link:
<https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu>

- Luego de instalar el programa conectar vía USB los módulos Xbee al computador para que el software los reconozca de la siguiente forma:

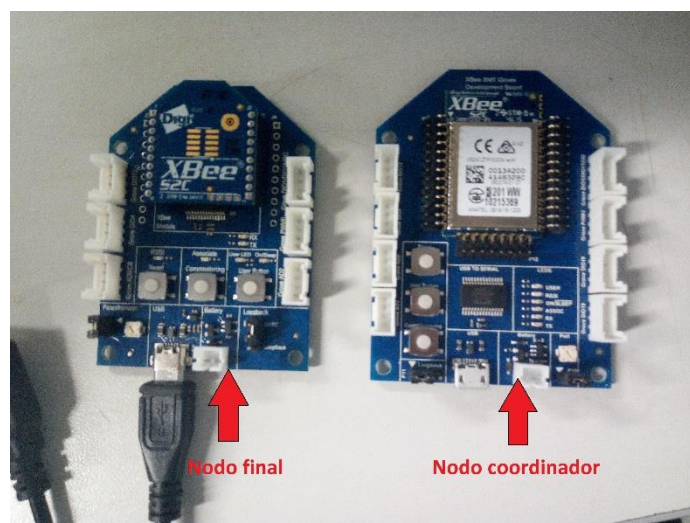
Figura 20: Conectar los nodos Xbee a la PC para configurarlos.



Fuente: Autores:

- Identificar cual será el nodo coordinador y los nodos finales.

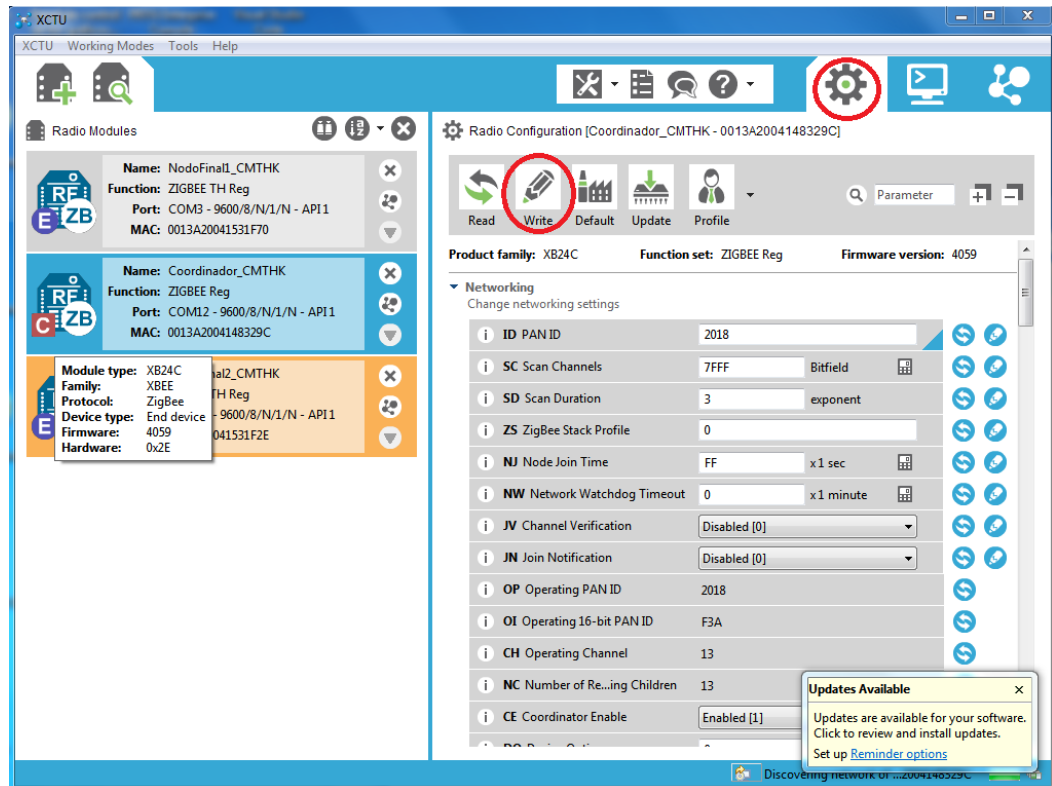
Figura 21: Diferencia entre nodo coordinador y nodo final.



Fuente: Autores.

- Se modifican los parámetros de cada nodo en la pestaña de tuerca como lo muestra la imagen y al final se guardan pulsando en el botón en forma de lápiz.

Figura 22: Escribir configuración en los módulos.



Fuente: Autores.

- Los parámetros que configurar de cada uno de los nodos son los siguientes:

Tabla 9: Configuración de dispositivos Xbee para una WSN.

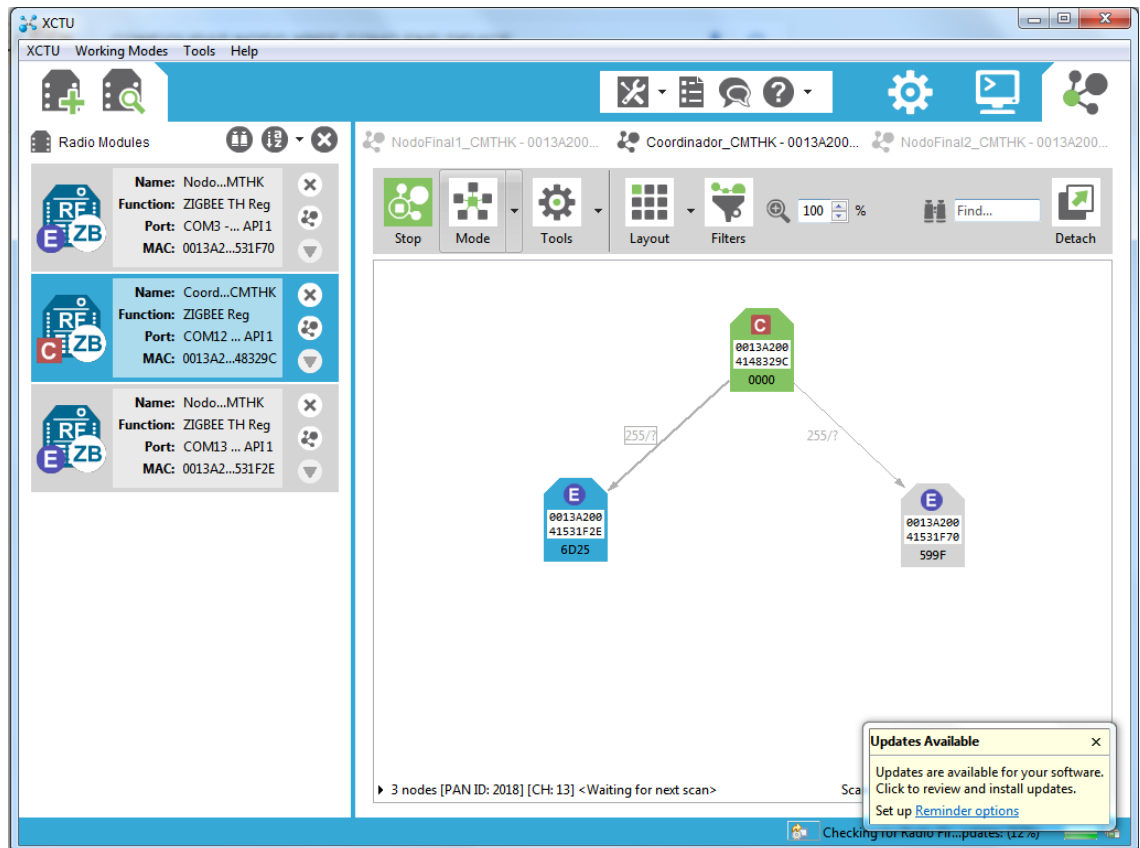
Parámetro	Coordinador	Nodo final	Descripción
ID	2018	2018	Define la red a la que se conectará una radio. Este parámetro debe ser el mismo para todos los equipos de la red.

JV	—	Enabled [1]	Comprueba si existe un coordinador en el mismo canal para unirse a la red o para salir si no se encuentra.
CE	Enabled [1]	—	Establece un dispositivo Coordinador.
NI	Coordinador _CMTHK	NodoFinal1 _CMTHK	Define el identificador de nodo, un nombre entendible para el módulo.
AP	API enabled [1]	API enabled [1]	Habilita el modo API.
SP	1F4	1F4	Define la duración del tiempo dedicado al estado sleep. 1F4 (hexadecimal) = 500 (decimal) x 10 ms = 5 segundos.
SM	—	Cyclic sleep [4]	Activa el modo de reposo cíclico en el dispositivo final.
SO	—	2	Mantiene el módulo despierto durante un período entero.

Fuente: https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001942-13/#tasks/t_zb_configure_data_transmission.htm%3FTocPath%3DWireless%2520data%2520transmission%7CEXample%253A%2520transmit%2520data%7C_____3

- Seguir configurando el resto de los nodos finales. En la imagen se puede ver la configuración del coordinador y dos nodos finales.

Figura 23: Vista de la configuración final con 2 nodos finales y uno central.



Fuente: Autores.

- Al desconectar los nodos, estos almacenan la configuración hecha y ya pueden comunicarse entre ellos de forma autónoma.

13.PRUEBAS A ESCALA POR FUNCIONES

Se realizaron ciertas pruebas de los equipos mencionados anteriormente en un prototipo a escala logrando testear las conexiones, los sensores y los scripts como se muestra en la siguiente figura quedando registrado en un video anexo de 6 minutos aproximadamente.

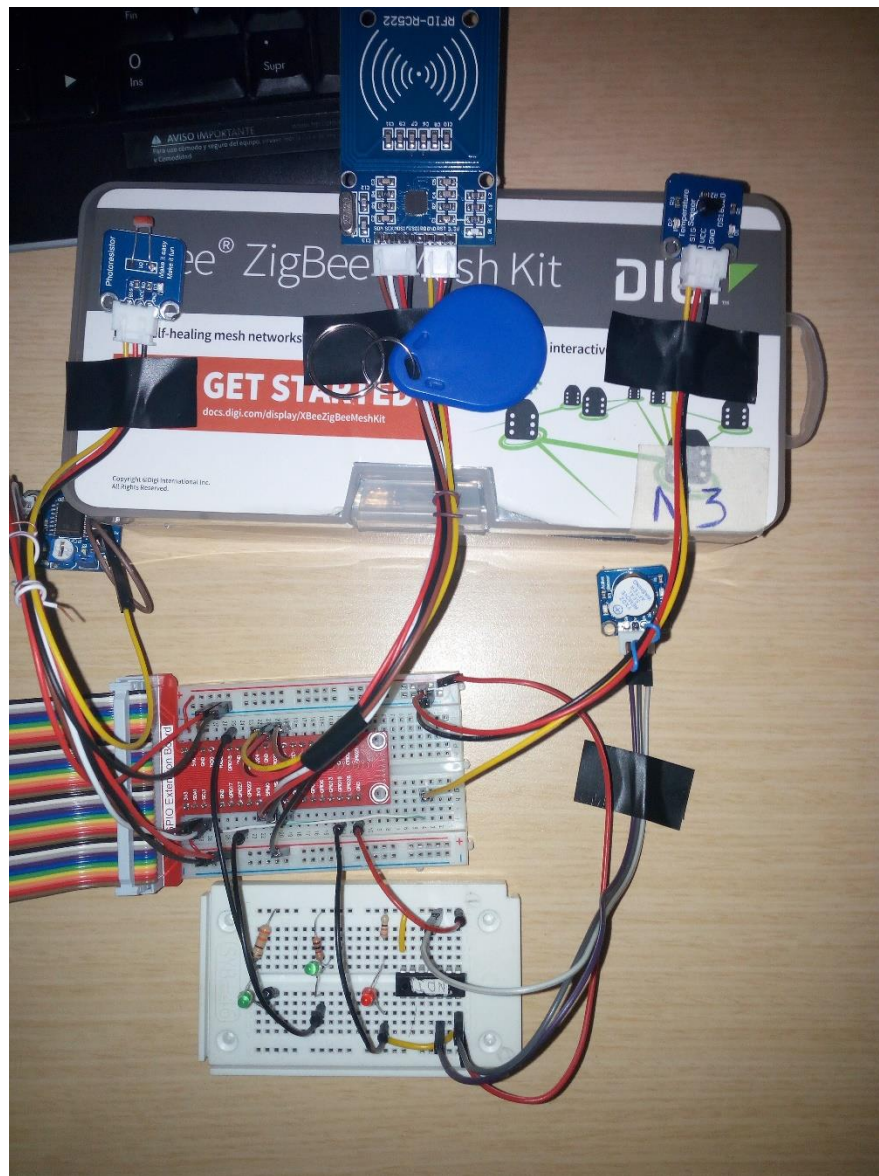


Figura 24: Fotografía del circuito montado como prototipo de pruebas.

Fuente: Autores.

En el circuito anterior se puede ver que la parte superior corresponde a los sensores a probar, la parte de medio es donde se encuentra las conexiones a los pines de la raspberry por medio del bus y la parte inferior en la se visualiza la respuesta del script dependiendo del sensor.

De igual forma verticalmente se distinguen 3 segmentos cada uno con las conexiones de un sensor: el fotoresistor para controlar la iluminación, el sensor RFID para validar accesos y el sensor de temperatura para el control de alertas por incendio.

El procedimiento realizado estuvo constituido de las siguientes etapas:

13.1. ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR

13.1.1. Circuito montado

En la figura 25 se muestra el diagrama del circuito a montar para el control de la iluminación exterior:

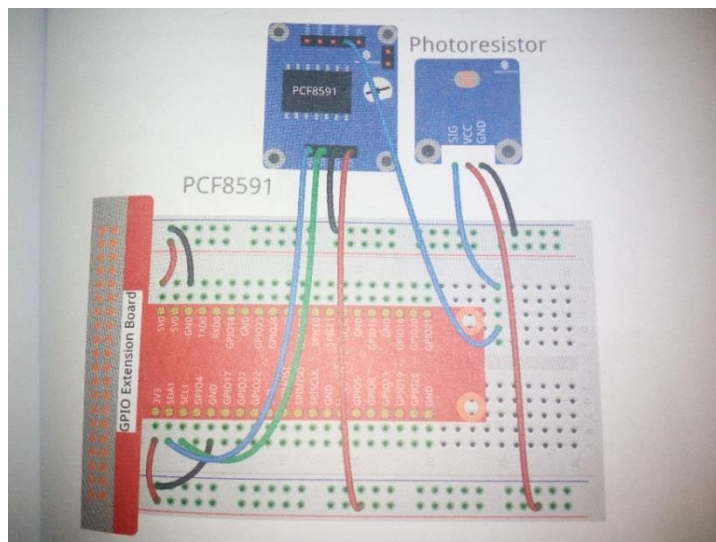


Figura 25: Circuito de pruebas montado para iluminación exterior.

Fuente: Sunfounder.

13.1.2. Código del script a probar

```
#!/usr/bin/env python
import PCF8591 as ADC
import RPi.GPIO as GPIO
import time

# Se define el pin de salida GPIO 18
D0 = 17
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

```

GPIO.setup(18, GPIO.OUT)

def setup():
    ADC.setup(0x48)
    GPIO.setup(D0, GPIO.IN)

# Condicional donde si la lectura es mayor a 100 se
# activa la respuesta por el pin 18 que enciende el LED
def loop():
    status = 1
    while True:
        if ADC.read(0) > 100:
            GPIO.output(18, True)
        print 'Value: ', ADC.read(0)
        time.sleep(0.2)
        GPIO.output(18, False)

if __name__ == '__main__':
    try:
        setup()
        loop()
    except KeyboardInterrupt:
        pass

```

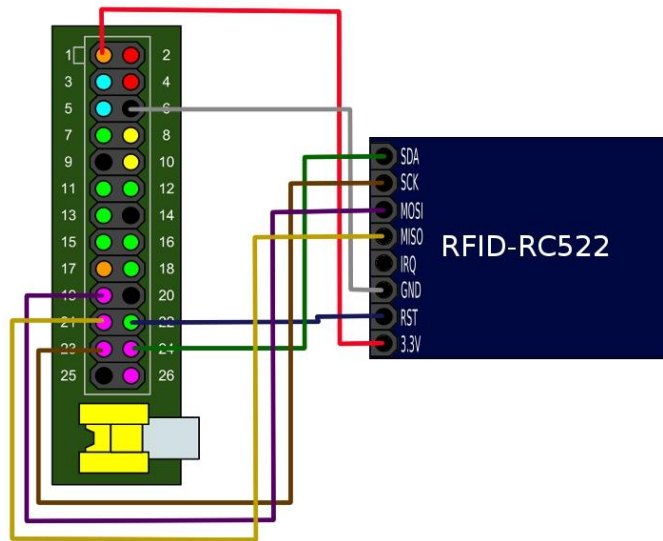
13.1.3. Procedimiento y resultados

Al script original en Python descargado desde la página de sunfounder para el funcionamiento del sensor se le realizaron modificaciones para cuando el valor arrojado que cambia con la luminosidad del ambiente supere o descienda un límite establecido en 100 se encienda o se apague el LED de la parte inferior izquierda del circuito que representa las iluminarias externas.

13.2. CONTROL DE ACCESO

13.2.1. Circuito montado:

Figura 26: Circuito de pruebas montado para control de acceso.



Fuente: <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=151774r>

13.2.2. Código del script a probar

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf8 -*-

import RPi.GPIO as GPIO,os,sys
import MFRC522
import signal
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(27, GPIO.OUT)

continue_reading = True

# Captura la señal de entrada y limpia cuando se aborta
el script
def end_read(signal,frame):
    global continue_reading
    print "Ctrl+C captured, ending read."
    continue_reading = False
    GPIO.cleanup()

signal.signal(signal.SIGINT, end_read)

# Create an object of the class MFRC522
MIFAREReader = MFRC522.MFRC522()

# Mensaje al ejecutar el script
```

```

print "Welcome to the MFRC522 data read example"
print "Press Ctrl-C to stop."

    # Scanea si hay tarjeta
    (status, TagType) =
MIFAREReader.MFRC522_Request(MIFAREReader.PICC_REQIDL)

    # Si detecta tarjeta valida imprime el mensaje y
envía una respuesta a través del del pin GPIO 27 que
enciende el LED
    if status == MIFAREReader.MI_OK:
        print "PIN detected, welcome"
        GPIO.output(27, True)
        time.sleep(4)
        GPIO.output(27, False)

sys.exit(0)

    # Obtiene el UUID de la tarjeta y autentica la llave
guardada en la base
    (status, uid) = MIFAREReader.MFRC522_Anticoll()

    if status == MIFAREReader.MI_OK:
        print "Card read UID:
"+str(uid[0])+", "+str(uid[1])+", "+str(uid[2])+", "+str(uid
[3])
        key = [0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF]

        MIFAREReader.MFRC522_SelectTag(uid)

        status =
MIFAREReader.MFRC522_Auth(MIFAREReader.PICC_AUTHENT1A, 8,
key, uid)

    # Checkea comparando si la autenticación es
válida
    if status == MIFAREReader.MI_OK:
        MIFAREReader.MFRC522_Read(8)
        MIFAREReader.MFRC522_StopCrypto1()
    else:
        print "Authentication error"

```

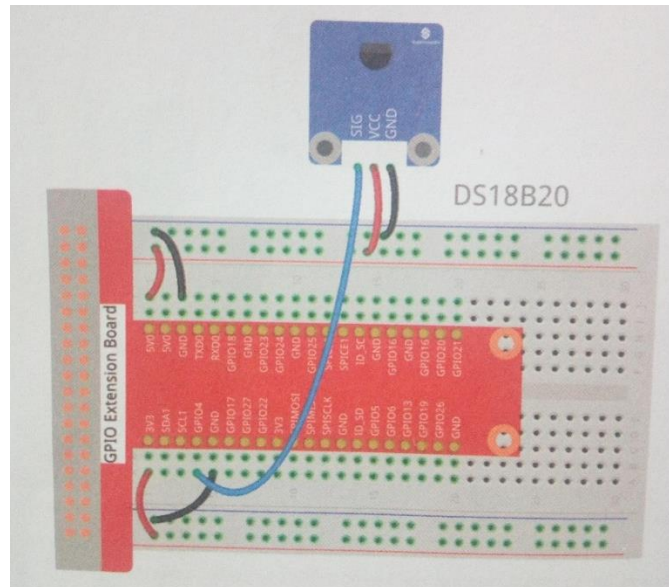
13.2.3. Procedimiento y resultados

Al tener el sensor conectado y acerca un pin o una tarjeta el script realiza la validación y ejecuta la acción programada que es arrojar un mensaje de bienvenida y para el segundo LED prender y apagar a los 4 segundos. De la misma forma que la respuesta es hacia un LED podría ser para activar una cerradura que bloquee una puerta.

13.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA

13.3.1. Circuito montado

Figura 27: Circuito de pruebas para medición de temperatura.



Fuente: Sunfounder.

13.3.2. Código del script a probar

```
#!/usr/bin/env Python

import os
import RPi.GPIO as GPIO
import time

# Define el pin GPIO de salida
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(19, GPIO.OUT)

ds18b20 = ''
```

```

def setup():
    global ds18b20
    for i in os.listdir('/sys/bus/w1/devices'):
        if i != 'w1_bus_master1':
            ds18b20 = i
    # Realiza la lectura constante de temperatura
    def read():
    # global ds18b20
        location = '/sys/bus/w1/devices/' + ds18b20 +
        '/w1_slave'
        tfile = open(location)
        text = tfile.read()
        tfile.close()
        secondline = text.split("\n")[1]
        temperaturedata = secondline.split(" ")[9]
        temperature = float(temperaturedata[2:])
        temperature = temperature / 1000
        return temperature

    # Si la temperatura es mayor a 30° manda una señal de
    # salida que active el LED, misma salida que active el
    # buzzer como alerta auditiva
    def loop():
        while True:
            print "Current temperature : %0.3f C" % read()
            if read() > 30:
                GPIO.output(19, True)

    def destroy():
        pass

if __name__ == '__main__':
    try:
        setup()
        loop()
    except KeyboardInterrupt:
        destroy()

```

13.3.3. Procedimiento y resultados

Al ejecutar el script, la raspberry recibe datos de la temperatura ambiente continuamente y ha sido configurado para que cuando la temperatura sea más alta de 35°C emita un mensaje de alerta al coordinador indicando la

posible alerta de incendio, encienda una alarma auditiva a través del buzzer y encienda y apague el LED rojo de la derecha..

13.4. ENVÍO DE DATOS Y MONITOREO CENTRAL

13.4.1. Circuito montado



Figura 28 Circuito de pruebas montado para monitoreo de nodos.

Fuente: Autores.

13.4.2. Código del script a probar

```
import time
import serial
import 20_photoresistor
import 26_ds18b20
import Read

# Trae datos de los scripts de los sensores
temp= 26_ds18b20.Currenttemperature
if 20_photoresistor.ADC > 100
    StatL = "ON"
else:
    Accesssn = "OFF"
if Read.MIFAREReader.MI_OK == "Authentication error"
    Accesssn = "SI"
else:
    Accesssn = "NO"
```

```

if temp < 30
    Alinc = "NO"
else:
    Alinc = "Alerta temperatura alta"
# Define valores iniciales para la conexión
ser = serial.Serial(
    port='/dev/ttyUSB0',
    baudrate = 9600,
    parity=serial.PARITY_NONE,
    stopbits=serial.STOPBITS_ONE,
    bytesize=serial.EIGHTBITS,
    timeout=1
)
while 1:
    # Codifica y envía el mensaje al nodo coordinador
    ser.write("Datos de T14 La temperatura es" + Temp ,
    "luces exterior" + StatL , "Alertas accesos no
    autorizados" + Accessn , "alertas incendio" + AlInc
    ".encode()")
    time.sleep(60)

```

13.4.3. Procedimiento y resultados

Los datos recogidos por los sensores son procesados y arrojan una respuesta en el medio físico accionando un LED dependiendo de la necesidad. Luego este los codifica en un solo mensaje y envía inalámbricamente al nodo coordinador que visualiza el estado de cada nodo a través de un computador.

14.COSTOS ESTIMADOS

A continuación, se definirán unos costos previstos para una instalación de la red:

Tabla 10: Costos aproximados de implementación.

Item	Número de elementos	Precio
Modulos Xbee meshkit	3 módulos con cable USB (1 coordinador, 1 router y 1 end device)	287000 : 1kit 6 kits= 1722000
Sensor RFID RC 522	1 lector, 1 chip y 1 tarjeta	5000 c/u 90000 : 18 sensores
Sensor HC-SR501	1 sensor	6500 c/u 117000 : 18 sensores
Sensor LM35DZ	1 sensor	12500 c/u 225000 : 18 sensores
Circuito de fotoresistencia	1 fotoresistencia, protoboard mini, transistor, resistencias y cables.	20000 aprox.
Raspberry Kit	1 placa, cargador, case, convertor, SD	150000 c/u 2700000 : 18 placas
Cableado y protecciones como cajas, acrílicos etc	1 por nodo	100000 aprox
Mano de obra	2 personas por 4 días máximo	2000000
TOTAL	6'974.000	

Fuente: Autores.

15. METODOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN

15.1. BUENAS PRÁCTICAS DE INSTALACIÓN

En los edificios se suele instalar una topología en estrella. Como no se dispone de falso suelo y falso techo para la colocación de dispositivos y cableado por ser una estructura ya construida, lo ideal es utilizar una tecnología inalámbrica como se presenta en este documento.

En cada torre se destina un pequeño espacio en la planta baja cerca del armario eléctrico para posicionar el nodo y en algún lugar del predio se adapta una pequeña sala donde situar el centro de monitorización del conjunto con el nodo coordinador como se mostraba en la figura 10.

Para la colocación de cada uno de los sensores en su lugar, teniendo en cuenta la topología, elegir un sitio desde donde se mida bien el valor o puedan actuar de forma correcta y que esté alejado de fenómenos externos que le puedan afectar. A continuación, en la tabla 11 se muestran algunas recomendaciones a la hora de realizar la instalación de los equipos:

Tabla 11: Consejos de instalación de los equipos.

Equipo	Recomendación
Sensor HC-SR501 de presencia	Colocar en un lugar con un ángulo abierto a altura media donde no haya fuentes que irradien calor constantemente.
Sensor LM35DZ	Posicionar en un lugar seco, lejos de la incidencia directa del sol.
Sensor RFID RC-522	Posicionar en un lugar sin contacto con el sol o el agua visible para el usuario, semicubierto a altura media.

Circuito con fotoresistencia gl5516	La fotoresistencia se debe colocar al aire libre en contacto con la luz solar semicubierta para evitar daños por agua, mientras el circuito en un lugar cubierto con fuente de alimentación y conexión con el alumbrado exterior.
Nodo final y coordinador	Colocar de forma aislada en un especie de caja conectada a los sensores de forma cableada y en lugar despajado de ondas de radiofrecuencia que interfieran con el módulo Xbee.

Fuente: Propia.

16. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE MEJORAMIENTO DEL PROYECTO

El desarrollo de los objetivos específicos se muestra a lo largo del documento: El primer objetivo en el marco teórico, el segundo y tercero en el capítulo del diseño y el último en el capítulo de la metodología para la instalación.

Primero que todo el análisis de la situación del mercado, las tecnologías usadas por otras empresas y productos, ayudaron a determinar por donde se orientó la investigación. Luego de determinar lo que se quería utilizar en cuanto a tecnología, funciones y equipos se empezó a especificar los parámetros de diseño necesarios para el funcionamiento de una red de sensores en cualquier escenario que se escoja.

La integración de los datos recogidos por los sensores fue satisfactoria en el prototipo. De igual forma la comunicación inalámbrica hecha entre nodos fue estable y se estima que no sufra inconvenientes ya que su rango teórico que es hasta 125m está dentro de las distancias entre nodo final y nodo coordinador. A pesar de que el canal usado por Zigbee es abierto, esto no representa una amenaza puesto que en el escenario no existen interferencias que puedan afectar la comunicación.

En una futura mejora se tiene pensado incorporar nuevas funcionalidades como cámara con sensor de movimiento, sensores de presión en los límites para intrusos, desarrollar una base de datos y usar un gateway para tener monitorización remotamente de la red mediante internet. Así como realizar ajustes tanto de software como de hardware para que la red sea más robusta y confiable.

17. ANEXOS

17.1. ENTREVISTA A EMPRESA ESPECIALIZADA

PREGUNTAS DE ENTREVISTA AUTCOL LTDA

1. ¿Qué diferencias entiende entre domótica, inmótica y urbótica?

Rta: Las principales diferencias entre estos tres ítems es que la parte de domótica es más residencial, para la parte de vivienda y hogares, la de inmótica va dirigida hacia la parte de edificios, industrias y la de urbótica ya es a ciudades como tal, pueblos a gran escala, estas serían las principales diferencias entre las tres.

2. ¿Cómo empezó esta tecnología o que aspectos importantes marcaron históricamente su aparición?

Rta: En la parte de domótica, inmótica y urbótica hay 3 temas que se tienen que destacar, que es la parte de seguridad, la parte de ahorro de energía y la parte de confort, de allí inicia la revolución de estos equipos para darle empuje a estos 3 temas.

3. ¿Qué tan económico es para una persona tener un sistema domótico en su hogar?

Rta: En cuanto a dinero, costos depende de lo que el cliente quiera, ejemplo: Si el cliente ya quiere un sistema muy sofisticado obviamente el precio va a elevarse, ahorita existen sistemas que son alámbricos o inalámbricos, el alámbrico es más caro porque hay que hacer adecuaciones, el inalámbrico es un poco más económico pero también depende que estandares se utilicen, que protocolos de comunicación utilice, que alcance se pueda obtener con otros equipos, entonces ya depende del cliente que tan robusto quiere que sea su sistema

4. ¿Cómo es el uso de esta tecnología en Colombia?

Rta: El uso de esa tecnología aca en Colombia es muy escaso hasta ahora se está viendo el interés de las personas y más que todo los estratos de alto nivel son los que más utilizan estos sistemas porque tienen el poder adquisitivo e invierten, los estratos de medio nivel ya poco lo utilizan pero nuestro alcance en la empresa es tratar de llegar a estos estratos.

5. ¿Cuál es la normativa legal que regula estas instalaciones en el país?

Rta: En la parte inalámbrica hay varios protocolos de comunicación esta por ejemplo la parte de zwave y zigbee por ejemplo, estos protocolos

funcionan a través de frecuencias, hay que tener una regulación por la cual debe estar sometido a cierta frecuencia, también la parte eléctrica que ya está regida acá en el país, como la parte de toma corrientes de switches que se deben conectar de cierta manera

6. ¿Qué estándares u organizaciones hay relacionados?

Rta: Hay varios, pero los que se manejan en Autcol son zwave y zigbee.

7. En Colombia y en el mundo ¿qué marcas y empresas reconocidas ofrecen soluciones en domótica e inmótica?

Rta: En la parte de domótica esta control 4 que es de los más grandes, esta empresa maneja la parte alámbrica es decir la cableada y en inalámbrica hay varias marcas entre ellas crestón, fibaro que maneja protocolo horus, zwave, maneja zigbee entre otras más, y en la parte de inmótica esta Schneider que tiene una edición especial para la parte industrial y de edificios que es todo lo referente a control de accesos, alarmas y una línea económica en inmótica es ZKTeco que maneja controles de acceso biométricos, password, tarjetas, etc.

8. ¿Cuáles son las funcionalidades básicas que maneja la inmótica?

Rta: Son las partes de controles de acceso tanto peatonales como vehiculares, la parte de cctv – cámaras, la parte de alarmas contra incendios que son todos estos equipos que me tienen que dar reportes hacia un sistema que administre toda la solución y que esté al tanto de cualquier eventualidad.

9. ¿Cómo se incorporan conceptos como IoT y redes a la inmótica?

Rta: En la parte de IoT todos los equipos deben estar comunicados entre sí, en la parte de inmótica siempre va a haber un cerebro, un maestro, que tiene su parte de esclavos, por lo general se comunican a través de ethernet y se monitorean a través de una interfaz web y en la parte de domótica se puede manejar con aplicaciones móviles, donde se puede ver el comportamiento del hogar y lo que está sucediendo en tiempo real a través de toda la parte de aplicaciones móviles, incluso algunos sistemas soportan la parte web, para que a través de computadores se pueda observar que está sucediendo

10. ¿Qué importantes proyectos implementados en el mundo son referentes y modelos que seguir?

Hace poco estuvimos en una capacitación de unos equipos inteligentes, ellos hicieron proyectos en la parte de iluminación para los almacenes éxito, es decir a través de un computador manejarlo por horarios, por reportes y consumos de energía que es bastante importante ese tema de inmótica,

también para los edificios de Davivienda sé que lo implementaron en la parte de iluminación y controles de acceso.

11. ¿Qué trayectoria tiene usted en este tipo de proyectos?

Rta: La trayectoria ha sido bastante amplia a pesar de que llevamos dos años, en la parte de inmótica hemos trabajado todo lo que es controles de acceso peatonal vehicular, citofonías, e iluminación, todo esto automatizado, en la parte de domótica que ya es más enfocado a hogares hemos trabajado con equipos inteligentes inalámbricos a través del protocolo zigbee y de hecho estamos realizando el lanzamiento de un producto que posee varios equipos para el confort seguridad y ahorro energético

12. ¿Qué herramientas o estructura usó en esos casos?

Rta: Manejamos el protocolo zigbee estos equipos son inalámbricos y básicamente se instalan donde el cliente lo desee ya se realiza dada la sugerencia y lo que se hace es realizar la instalación a través del cerebro, todo es inalámbrico no requiere cableado, algunos de estos equipos requieren la parte de energización y en cuanto a la parte de cableado los equipos para la parte de inmótica que son los cerebros que tienen sus esclavos si se necesita conectividad a través de protocolos ethernet y ahorita telca que es mucho más rápido que ethernet, entonces estamos viendo la posibilidad de trabajar con él ya que da un tiempo de respuesta más rápido es en tiempo real, va en milisegundos pero cuando hay bastante tráfico de datos se ve más optima la velocidad con la que trabaja.

13. ¿Como es el procedimiento para llevar a cabo un proyecto así?

Rta: Primero recibimos la solicitud del cliente, mirar los requerimientos, que desea, dependiendo si el cliente lo desea nosotros hacemos una visita técnica donde le aconsejamos que equipos le podemos ofrecer para darle solución a lo que el quiera, después de ello se pasa a la parte de ejecución que es tener ya los quipos a instalar e ir a realizar la instalación con un técnico, una vez instalados hacemos la parte de configuración, configuramos todos los equipos a través de la programación y le damos una capacitación al cliente para que el aprenda a manejar el sistema. En la parte de inmótica ya se tienen que ver requerimientos más a fondo y un mayor alcance de lo que el cliente quiere, ya son equipos más robustos que se pueden llegar a utilizar en este caso y el proceso sería igual que en domótica, tener los requerimientos del cliente, hacer una visita técnica, revisar las necesidades, ofrecerle una lista de equipos para que se logre llegar a la solución que desea y de ahí se pasa a la instalación con los técnicos,, se hace la programación y configuración del computador que se

va a utilizar y se realiza la entrega final después de realizadas unas pruebas

14. ¿Cuál fue el impacto social generado por instalaciones de ese tipo?

Rta: La mayoría de los clientes aparte de la seguridad con que genera este tipo de sistemas quedan muy satisfechos porque adicional están teniendo un ahorro energético por la parte de iluminación, debido a que se hace una programación para que se enciendan y se apaguen las luces a determinada hora de acuerdo a las necesidades.

15. ¿Como los sistemas implementados pueden ser autosostenibles o tener beneficios ambientales?

Rta: Básicamente lo que se hace con estos sistemas es programarlos de acuerdo a horarios o de acuerdo a sensores de presencia, de acuerdo al flujo de personal, y en la parte de programación no siempre va a estar la luz encendida si no que va a tener ciertos horarios.

16. ¿Qué complicaciones comunes uno se puede encontrar una al desarrollar un proyecto?

Rta: Problemas siempre van a haber en la parte de instalaciones, por varios factores, hasta el mismo cliente se vuelve un poco exigente después de tenerse pensada una forma de ejecutar el proyecto cambian ciertos parámetros, y hay algunos detalles mínimos que no se tienen en cuenta y tiene que adaptarse o buscar una solución rápida para dar respuesta al cliente.

17. ¿Qué anécdota de un éxito o fracaso recuerda donde haya aprendido algo que no hubiera estado escrito o se enseñe en la teoría?

Rta: Estábamos instalando un equipo de citófonía para un conjunto residencial y compramos los citófonos, el frente de calle, y al momento de realizar la instalación por no haber mirado bien el data sheet los equipos eran digitales y no eran análogos, entonces compramos un cable de 26 pares y realmente solo se necesitaban dos pares entonces fue un descaste de dinero innecesario.

18. ¿Cuáles consejos nos daría para tener en cuanto a la hora de diseñar una solución en inmótica?

Rta: Tener bien claras las variables que se van a controlar y hacer una buena visita de campo al momento de tomar los requerimientos del cliente, tienen que tomar medidas, planos, recaudar los requerimientos como tal.

19. ¿Qué fuentes de investigación recomienda de este tema?

Rta: A nosotros lo que nos sirve es muchas capacitaciones, normalmente nos llaman por lo general por los equipos que trabajamos y nos dan

capacitaciones gratuitas, nos envían los link para suscribirse ya sea virtual o presencial.

20. ¿Qué visión tiene de estas tecnologías en los próximos años?

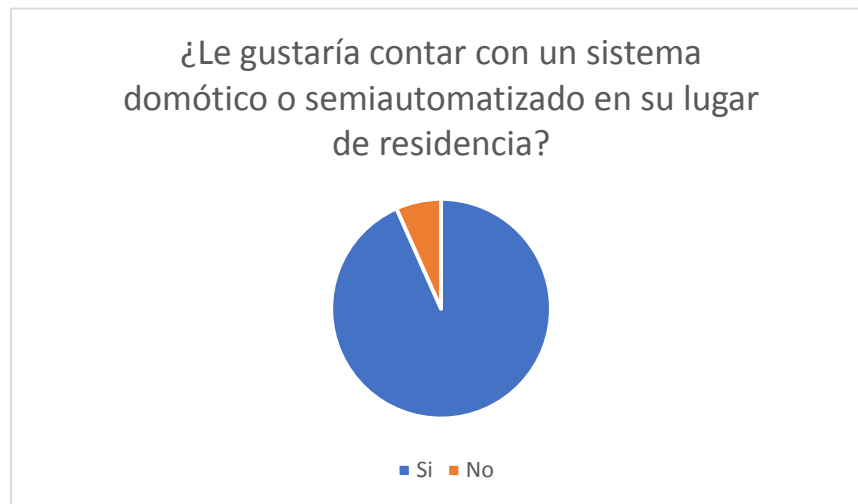
Rta: Sabemos que la domótica hasta ahorita se está implementando pero el crecimiento va a ser a gran escala por que básicamente nosotros ahorita queremos que las viviendas sean automatizadas, que todo sea inteligente, esto va a tener un crecimiento exponencial bastante seguro, en la parte de inmódica estos sistemas por lo general deben ayudar al empresario a economizar que se puede lograr a través del ahorro energético y cada vez más personas se están sumando a estas nuevas tecnologías, están automatizando sus compañías.

Aporte Final: Lo de IoT es un tema muy interesante en la actualidad, se va a manejar un enfoque de automatización dirigido a la industria, hacia la obtención de variables a través de IoT y en la nube para así poder monitorear a través de una aplicación o web que es algo que no se casi no se ve en la industria.

17.2. DATOS DE ENCUESTAS Y SUGERENCIAS DE LA GENTE

En la visita de campo realizada al conjunto “Reservas de Galicia” aparte de los datos recopilados en el numeral 11.1 se llevaron a cabo 15 entrevistas a residentes del lugar. Los resultados de lo que respondieron se encuentran representados en las siguientes gráficas.

Figura 29 Pregunta 1 de la encuesta a los residentes.



Fuente: Autores

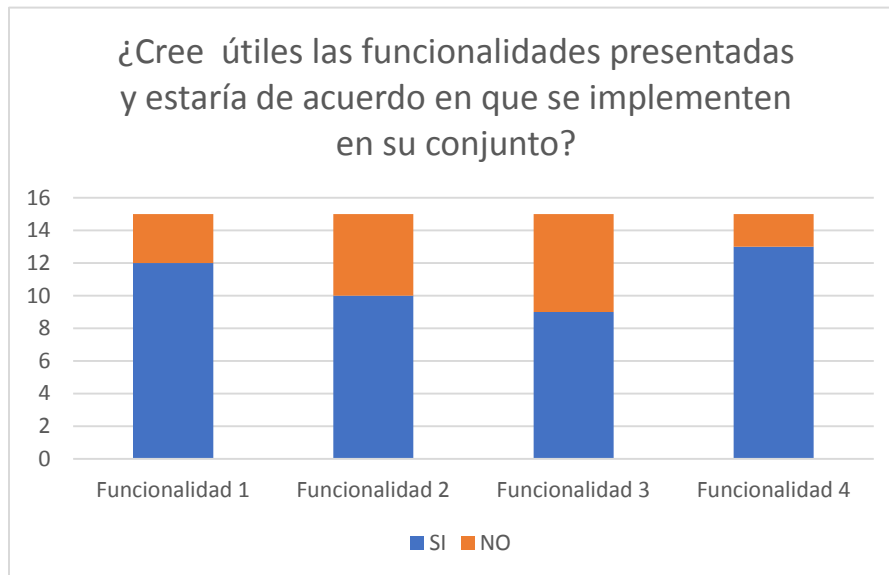


Figura 30: Pregunta 2 de la encuesta a los residentes.

Fuente: Autores

Pregunta 3: ¿Qué otras funcionalidades le gustaría obtener de esta tecnología?
Algunas respuestas fueron:

- “Ojala se pueda identificar cuando un intruso está ingresando por la reja digamos”
- “Me gustaría que se pudiera medir por ejemplo el nivel de ruido que haga un vecino para que acudan inmediatamente”
- “Si todos los aptos tuvieran algún medio de comunicarse con la portería o el administrador a través de la misma red sería interesante”
- “Me gustaría que se pudiera visualizar desde otro lugar el estado del conjunto a través de internet o una app”.

Analizando su viabilidad, estas opiniones pueden dar buenas herramientas para mejorar la red en un futuro.

17.3. LOGOTIPO



Figura 31: Logo COMMUNITHINK.

Fuente: Autores.

17.4. VIDEO DE PRUEBAS

Link:

<https://drive.google.com/open?id=1L2ZJnFejRgkb2B1cLQCvEQR82zB2Np4O>

18. BIBLIOGRAFÍA

- [1].Alcaldía mayor de Bogotá .Recorriendo Suba: Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá D.C: Departamento Administrativo Secretaría de Hacienda Distrital. [En línea].Disponible:http://www.sdp.gov.co/www/resources/xam_recorriendo_20suba.pdf. 2004.
- [2].T. Maya. Áreas residenciales y desarrollo urbano en Bogotá. Bogotá. UNAL maestría. [En línea]. Disponible: (http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Vivienda_Social_Bogota/Areas_Residenciales_Desarrollo-Maya_Tania.pdf). 2013.

- [3]. Domoprac. Historia de la domótica: pasado, presente y futuro. [En línea]. Disponible: <http://www.domoprac.com/domoteca/domoteca/conceptos-basicos/historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro.html> . 2016.
- [4]. J. Belén. Futuro inteligente en barrios cerrados. Buenos Aires: Universidad de Palermo. [En línea]. Disponible: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyecto graduacion/archivos/2969.pdf. 2014.
- [5]. Domótica, Inmótica y Automatización. La vivienda del futuro... Hoy. Entreplanos. 2013.
- [6]. Catastro. Análisis inmobiliario. Bogotá: UAEC. [En línea]. Disponible: https://www.catastro bogota.gov.co/sites/default/files/Resultados_Censo_2017%20version%20final.pdf. 2017.
- [7]. J. Chaparro, Domótica: la mutación de la vivienda. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2003.
- [8]. Domodesk, A fondo: Inmótica. [En línea]. Disponible: <http://www.domodesk.com/197-a-fondo-inmotica.html>
- [9]. Fedit, Redes de sensores. aplicaciones para control automático de edificios. [En línea]. Disponible: <http://www.minetad.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2009/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/FEDIT%20RedesSensoresEdificios.pdf>. 2010.
- [10]. R. Balcells. y E. Marcombo, Sensores y Actuadores. [En línea]. Disponible: <http://isa.uniovi.es/docencia/autom3m/Temas/Tema7.pdf>. 2015.
- [11]. C. Valdivieso e I. Matías, Domótica e Inmótica. Instalaciones de telecomunicaciones para edificaciones. Barcelona: Alfaomega. 2015.
- [12]. D. Gislason, Zigbee Wireless Networking, Washington: Ed. Elsevier., 2008, pp. 401-415
- [13]. MCI electronics, TUTORIAL XBEE, XBee.cl, [En línea]. Disponible: <http://xbec.cl/tutorialxbec/>.

- [14]. J. Longares, Introducción a Zigbee y las redes de sensores inalámbricas, [En línea]. Disponible: <http://www.javierlongares.com/arte-en-8-bits/introduccion-a-zigbee-y-las-redes-de-sensores-inalambricas/>. 2013.
- [15]. C. Lozano, Los conjuntos cerrados en la conformación urbana de la ciudad contemporánea. Bogotá: UNAL maestría. "[En línea]. Disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/40221/1/393249.2014.pdf>. 2014.
- [16]. M. Ochoa, Desarrollo de un prototipo de red inalámbrica de sensores bajo el estandar zigbee para el monitoreo de variables ambientales en el jardín botánico reinaldo espinosa de la universidad nacional de loja. Loja: Universidad de Loja, [En línea]. Disponible: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10904/1/Ochoa%20Azuelo%20C%20Mar%C3%ADa%20Elena.pdf>. 2016.